

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

ШАРИПОВ ДАЛЕР КУЧКАРОВИЧ

САНОАТ ҲУДУДЛАРИДА АТМОСФЕРАНИНГ ИФЛОСЛАНИШИНИ
МОНИТОРИНГ ҚИЛИШ ВА БАШОРАТЛАШ ТИЗИМИ МОДЕЛЛАРИ
ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.07 – Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

A/2523

574

А
Ш 26 Шарипов, Д. К.

техника

~~Саноат худудларида ат-
мосферанинг инфрасла-
нишини мониторинг ки-
лиш ва башаратлаш ти-
зими моделлари ва ал-
горитмлари : диссерта-
цияси автореф.~~

д

Contents

) on

Т., 2017

Б.ц

Шарипов Д
Саноат худ
башаратлаш

иш ва

3

A/2523

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока**

знения

19

nd

35

39

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

ШАРИПОВ ДАЛЕР КУЧКАРОВИЧ

САНОАТ ҲУДУДЛАРИДА АТМОСФЕРАНИНГ ИФЛОСЛАНИШИНИ
МОНИТОРИНГ ҚИЛИШ ВА БАШОРАТЛАШ ТИЗИМИ МОДЕЛЛАРИ
ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.07 – Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи

ТЕХНИКА ФАҢЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2017

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/Т8 рақам билан рўйхатга олинган.

А. С. 2017.1.10.18

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва "Ziyouet" Ахборот таълим порталида (www.ziyouet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Равшанов Нормакмад
техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар:

Қобулов Анвар Восилевич
техника фанлари доктори, профессор

Нормуродов Чорн Бегалевич
физика-математика фанлари доктори

Ўтақчи ташкилот:

Самарқанд давлат университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги DSc.27.06.2017.Т.07.01 Илмий кенгашнинг 2017 йил «18» июль соат 17⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин 0536 рақам билан рўйхатга олинган. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2017 йил «06» июль кuni тарқатилди.
(2017 йил «06» июль даги 3 рақамли реестр баённомаси)



Хамдамов

Р. Ҳ. Ҳамдамов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ф. М. Нуралиев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

М. А. Исмаилов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Ҳозирги кунда жаҳонда аҳоли сонининг кўпайиши натижасида уларни озиқ-овқат, кийим-кечак ва бошқа маҳсулотлар билан таъминлаш, ҳамда турмуш тарзини энгиллаштириш мақсадида янги корхоналар яратиш муҳим ўрин эгаллайди. Инсониятнинг бу борадаги ҳаракатлари туфайли охириги 20 йил ичида атмосферанинг ифлосланиш даражаси 30% га ошди. БМТ аъзолари томонидан 1997 йилда ер юзи экологиясини яхшилаш ва иқлим ўзгаришини олдини олиш мақсадида Японияда Киото баённомаси қабул қилинди. Киото баённомасига асосан 2015 йил 12 декабрда Париж келишуви имзоланди, унга кўра, «Европа Иттифоқи 1990 йилда атмосферага чиқарилган чиқинди миқдорини 2030 йилгача 40% га камайтиришни, йилига 5,9 млн тонна захарли чиқиндиларни атмосферага чиқарадиган АҚШ унинг миқдорини 2025 йилгача 28% га камайтиришни, Хитой давлати бўлса 2025 йилгача 4 барабар камайтиришни режалаштиришди».¹ Атмосферанинг ифлосланиш даражасини мониторинг қилиш ва башоратлаш учун бу жараёнларни математик моделлаштириш масаласининг долзарблиги намоён бўлади.

Республикаимиз мустақилликка эришгандан буён ишлаб чиқариш соҳаларининг жадал ўсиши баробарида хомашё билан таъминланганлик ва ишчи кучига, сонига қараб шаҳарларда ва ташкил этилган эркин индустриал зоналарда саноат корхоналарининг жойлаштирилиши ва қурилишига алоҳида эътибор қаратилди. Бу борада, саноат ҳудудларидаги мавжуд экологик ҳолатнинг бузилиш эҳтимоли бўлган ва корхоналар томонидан атроф муҳитга чиқарилаётган зарарли моддаларнинг атмосферага тарқалиши жараёнини мониторинг қилиш ва башоратлаш математик моделлар ва сонли алгоритмлар яратишга бағишланган қатор илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Жаҳон амалиётида атмосферасида зарарли моддаларнинг тарқалишини мониторинг қилиш ва янги объектларни оптимал жойлаштириш масалаларига доир математик моделлар яратиш, улар асосида ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Олиб борилаётган мақсадли илмий-тадқиқот ишларида, жумладан, зарарли моддаларнинг атмосфера чегаравий қатламида тарқалиши жараёнига таъсир этувчи табиий-иқлимий омилларни ҳисобга олувчи математик моделлар яратиш, объектларни экологик жиҳатдан мақсадга мувофиқ равишда жойлашувини аниқлаб берувчи дастурлар мажмуаси ишлаб чиқиш, жараён динамикасини зарарли моддаларнинг рухсат этилган юқори концентрациялари нуқтаи назаридан визуаллаштириш каби зарурий аспектларига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2013 йил 27 июндаги ПҚ-1989-сон «Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот-коммуникация тизимини янада ривожлантириш тўғрисида»ги ва «Ўзбекистон Республикаси

¹ <http://rza.org.ua/news/read/Parizhsjkij-protokol-vместo-Kiotskogo.html>

«Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитаси фаолиятини таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида» 2017 йил 21 апрелдаги ПҚ-2915-сон қарорлари, Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 23 майдаги 310-сон «Ўзбекистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитаси тўғрисида низоми»га доир қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Атроф-муҳит ифлосланишига боғлиқ бўлган атмосферада зарarli моддаларнинг тарқалиши жараёнларини математик моделлаштириш услубиятини яратиш, муайян жараённи акс эттирувчи моделни куриш ва жараён параметрларини динамикада ўрганишнинг сонли тажриба усулларини тадқиқ этиш масалаларига бизнинг мамлакатимизда ва дунёда бажарилган тадқиқотларнинг катта мажмуи ва дастурлари ишлаб чиқилган. Атмосферада зарarli моддаларнинг тарқалиш жараёнлари буйича математик моделларни такомиллаштириш масалалари буйича A. Devastnale, W.W. Behrens, P. Speckman (AQШ), G.C. Miller, J.N. Seiber, J.M. Lafen, D.H. Medaws, J. Ronders, D. Simpson, M. Koiser, H.H. Shuger (Норвегия), R. Dvorak (Австрия), A. Prevot (Швецария), J. Orsamer (Бельгия), Г.И. Марчук М.И. Лунев, М.Е. Берлянд, В.М. Белолипецкая, Ю.И. Шокин, В.В. Пененко (РФ), Ф.Б. Абуталиев, Т. Юлдашев, С. Каримбердиева, А.Х. Бегматов, Ю.В. Петров каби чет эл ва мамлакатимиз олимлари илмий-тадқиқот ишларини олиб боришган.

Атмосферада зарarli заррачалар тарқалишининг математик модели баландлик буйича кўрсаткичларнинг ўртача қийматида ва шамол йўналиши x ўқига параллел олинган ҳолда М.И. Лунев, М.Е. Берлянд ишларида кўрилган. Масаланинг математик модели ва уч ўлчовли тенгламаларни сонли ечиш усуллари асосидаги натижалари Г.И. Марчук, М.И. Лунев, М.Е. Берлянд, В.М. Белолипецкая, Ю.И. Шокин, В.В. Пененко ишларида келтирилган. Қўйилган масалаларни сонли алгоритмлар ёрдамида ечиш усуллари С. Каримбердиева, А.Х. Бегматов, Ю.В. Петровларнинг илмий ишларида ишлаб чиқилган ва тадқиқ этилган.

Саноат худудлари атмосферасида зарarli моддаларнинг тарқалишини мониторинг қилиш ва башоратлашда, хусусан ҳаво оқимининг ер сатҳи билан ўзаро таъсирлашуви коэффицентининг турли қийматларида, зарarli моддаларнинг атмосферада ютилиши коэффицентининг мавсумий ва суткали ўзгариши, қаралаётган жараёнга чегаравий шартларнинг, жумладан жой рельефининг таъсирини ҳисобга олувчи такомиллаштирилган моделлар куриш ва улар асосида илмий изланишлар олиб бориш ҳозирги кунда етарли даражада кўрилмаган.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг ёки илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети қошидаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказининг илмий тадқиқот ишлари режасининг ФА-А17-Ф007-«Газ-транспорт, геотехнологик ва экологик тизимларда амал қилишнинг динамик режимини таҳлил қилиш ва қарор қабул қилиш учун объектга йўналтирилган дастурий маҳсулот ва маълумотлар базасини яратиш ва қўллаш» (2008-2011), ЕА7-001 «Саноат минтақаларининг экологик ҳолатини прогнозлаш ва мониторинг қилиш учун самарали ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситани яратиш» (2014-2015), ЎЗР ФА Математика институтининг А-5-12 «Саноат минтақаларининг экологик ҳолатини прогнозлаш ва мониторинги учун математик таъминотни яратиш» (2015-2017) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади саноат ҳудудларининг экологик ҳолатини таҳлил этиш, мониторинг қилиш ва прогнозлаш, ҳамда атмосферада зарарли моддаларнинг тарқалишини ҳисобга олган ҳолда саноат объектларини оптимал жойлаштириш учун аниқ математик моделлар, сонли алгоритмлар ва дастурий мажмуани яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

иклим омиллари, зарарли моддаларнинг атмосферада ютилиши, ҳаво оқими ва чегара сирт орасидаги масса алмашинуви, жой орографияси ва бошқа қўшимча омилларни ҳисобга олган ҳолда зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалиши жараёнининг математик моделларини тузиш ва такомиллаштириш;

тақсимлаш ва дифференциал-айирмалар усуллари асосида зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалиши жараёнини ўрганиш учун самарали сонли алгоритмларни ишлаб чиқиш;

тескари масалани ечиш асосида атроф муҳитга чиқариб ташланаётган аэрозоллар манбаларини ҳисобга олган ҳолда саноат корхоналарини оптимал жойлаштириш масаласининг математик моделини такомиллаштириш;

ЭҲМ да сонли тажриба ўтқазини автоматизациялаш ва сонли натижаларни жадвал, график ва анимацион объект сифатида талқин этиш учун дастурий-инструментал мажмуа яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида саноат объектлари ва ифлосланишнинг бошқа манбаларидан чиқаётган зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалишининг ностационар жараёни қаралган.

Тадқиқот предметини математик моделлар, ҳисоблаш алгоритмлари ва компьютерларда сонли тажрибалар ўтқазини учун дастурий мажмуалар ташкил этишди.

Тадқиқот усуллари. Ишни бажариш жараёнида тизимли таҳлил, математик моделлаштириш, сонли усуллар ва тажрибадан фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги:

ер атмосфераси чегаравий қатламида зарарли моддалар тарқалиши жараёнининг математик модели доирасида янги: зарарли моддаларнинг атмосферада мавсумий ва суткалик циклда ютилиши, ҳаво оқими ва унинг пастки чегаравий сирти орасида дефляция зарралари билан алмашинуви ва жой орографияси омиллари киритилиб такомиллаштирилган;

жараёнининг математик модели иқлимга оид аниқ маълумотлардан фойдаланиш, шамол тезлиги ва турбулент алмашинув коэффициентларининг баландликка қараб ўзгаришини ҳисобга олиш асосида такомиллаштирилган;

зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалиши жараёнини қаралаётган ҳудуд учун рухсат этилган юқори концентрациялари билан боғлиқ тарзда тавсифловчи тўғри ва тескари масалаларни ечиш, янги sanoat корхоналарини экологик жиҳатдан оптимал ўрнини аниқлаш имконини берувчи самарали сонли алгоритмлар ишлаб чиқилган;

зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалиши жараёнининг шамол тезлиги ва йўналиши, уларнинг сутка давомида ўзгариши, турбулент алмашинув коэффициентининг баландликка қараб, ҳаво оқими ва пастки чегара орасидаги зарарли моддалар билан алмашинув коэффициенти ўзгариши билан боғлиқ хусусиятлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари. Оҳангарон-Олмалиқ-Ангрен sanoat ҳудуди экологик ҳолатининг ифлосланиш манбалари, шамол тезлиги ва йўналишининг йиллик ва суткалик ўзгариши, оқим тезлиги ва турбулент алмашинув коэффициентининг баландликка қараб ўзгариши ва жойнинг орографияси ҳисобга олинган ҳолда манзараси берилди. Юқорида санаб ўтилган омиллар ҳисобга олинганида Орол денгизининг қуриб қолган қисмида кечадиган дефляция жараёни хусусиятларини ўрганишининг йўллари кўрсатилди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалиши тенграмаси ва унинг чегаравий шартлари масса сақланиш қонунига қатъий риоя қилиб шакллантирилгани билан асосланади. Сонли усуллардан фойдаланилганида аппроксимация аниқлиги ва ҳисоблаш жараёнининг яқинлашуви шартлари етарли даражада таъминланган. Олинган натижалар физика қонунларига зид эмас.

Тадқиқот натижаларини жорий қилиш. Атмосферада зарарли моддаларнинг тарқалишини бўйича яратилган математик моделлар, алгоритмлар ва дастурий мажмуалар асосида:

sanoat региони экологик ҳолатини мониторинг қилиш ва башоратлаш мақсадида яратилган моделлар, сонли алгоритмлар ва дастурий комплекслари Табиатни муҳофаза қилиш бўйича Самарқанд ва Жиззах вилоятлари кўмитасида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 02 июндаги 24-8/3401-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижалари sanoatли ҳудуднинг экологик ҳолатини олдиндан аниқлаш ва огоҳлантириш ҳисобидан иқтисодий самарадорликка эришилган;

шамоллар йўналиши вақт бўйича ўзгаришни, зарарли моддаларнинг энг охириги мумкин бўлган концентрацияси ва ҳудуд орографиясини ҳисобга

олган ҳолда саноат жойлашган ерлар экологик ҳолатини башоратлаш бўйича дастурий маҳсуллар Тошкент вилоятининг Ангрен, Олмалик ва Чирчиқ шаҳарларининг табиатни муҳофаза қилиш назорат бўлимларида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 02 июндаги 24-8/3401-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижалари бўйича Охангарон водийсида яшайдиган аҳолисига саноат корхоналарнинг таъсири ва янги қўриладиган корхоналарни оптимал жойлаштириш ҳисобидан, экологик таъсири камайтиришни таъминлайди.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 4 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Тақиқот мавзуси бўйича жами 37 та илмий иш чоп этилган, шулардан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола (6 та республика ва 4 та хорижий журналларда) чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 114 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Ишнинг Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган ва ишнинг умумий таснифи, жумладан унинг тузилиши берилган.

Диссертациянинг «Атмосферанинг ер сатҳи чегаравий қатламида зарарли моддаларнинг тарқалиш жараёни тадқиқотларининг ривожланиши ва жараён математик моделини янги омилларни ҳисобга олиш орқали такомиллаштириш» деб номланган биринчи боби уч параграфдан иборат бўлиб, унда иш мавзусига оид тадқиқотларнинг қисқа таҳлили ва зарарли моддаларнинг атмосферада кўчиши ва тарқалиши моделининг янги омилларни ҳисобга олувчи модификациялари келтирилган.

Биринчи параграфда математик моделлаштириш услубияти, сонли усуллар ва зарарли моддаларнинг атмосферада диффузион ва конвектив кўчишига доир тадқиқотларнинг натижалари муҳокама этилган, атмосфера ва унинг қуйи чегаравий сиртининг экологиясига доир масалаларни математик моделлаштириш, сонли ечиш усуллари ва дастурий воситалари ишлаб чиқишнинг ривожланиш тенденциялари аниқланган. Ушбу таҳлилий тадқиқотлар асосида диссертация ишида ечилиши кўзда тутилган асосий масалалар шакллантирилган.

Иккинчи параграфда ўрганилаётган жараённинг зарарли моддаларнинг атмосферада ютилиши, ҳаво массаси ва ер сирти орасидаги заррачалар билан масса алмашинуви омилларини ҳисобга олувчи математик модели таклиф

этилган. $D=(0 < x < L_x, 0 < y < L_y, 0 < z < L_z, t > 0)$ соҳада зарарли моддалар кўчиши ва диффузияси тенгламаси куйидагича қабул қилинди:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + u \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} + v \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} + (w - w_r) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} + \\ + \sigma \theta(x, y, z, t) = \mu \left(\frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial y^2} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right) + \delta(x, y, z) I(x, y, z, t). \end{aligned} \quad (1)$$

Бошланғич ва чегаравий шартлар куйидагича шакллантирилди:

$$\theta(x, y, z, 0) = \theta_0(x, y, z), \quad (2)$$

$$\theta(x, y, z, t) \Big|_{x=0, x=L_x} = \theta(x, y, z, t) \Big|_{y=0, y=L_y} = 0, \quad (3)$$

$$z = 0 \text{ да } -k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = \beta(x, y) \theta(x, y, z, t), \quad (4)$$

$$z = L_z \text{ да } k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = 0. \quad (5)$$

Бу ерда $\theta(x, y, z, t)$ – тарқалаётган модда концентрацияси; t – вақт; x, y, z – декарт координаталари; u, v, w – тезлик векторининг x, y, z йўналишлари мос ташкил этувчилари; w_r – заррачаларнинг чўкиш тезлиги; k – турбулент алмашинув коэффициентини; μ – диффузия коэффициентини; σ – зарарли модданинг атмосферада ютилиши коэффициентини; β – ер устки қатлами билан ўзаро масса алмашинуви коэффициентини; $I(x, y, z, t)$ – манбааларнинг Дирак δ -функцияси ёрдамида бериладиган кувватлари.

Заррачаларнинг чўкиш тезлиги ва диффузия коэффициентини учун формулалар келтирилган. Ҳаво оқими тезлиги ва турбулент алмашинув коэффициентининг хусусиятлари муҳокама этилган. Моделда масса алмашинуви коэффициентининг ўзгармас $\beta = const$ ва ўзгарувчан $\beta = \beta(x, y)$ қийматларидан фойдаланиш мумкин. Бунда $\beta=0$ заррачаларнинг қаттиқ сиртга тушиши ва $\beta=1$ эса сув сиртига тушишига мос келади.

Учинчи параграфда зарарли моддаларнинг ерусти атмосфера чегаравий қатламида тарқалишининг заррачаларнинг қия текисликдан олиб кетилиши, шамол тезлиги ва турбулент алмашинув коэффициентининг баландликка боғлиқ ўзгаришларини ҳисобга олувчи математик модели таклиф этилган. Бу ҳолда ер сиртига мос чегаравий шарт куйидагича қабул қилинди:

$$z=0 \text{ да } k_x \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = -w_x \sin \alpha \theta(x, y, z, t) + \beta \theta(x, y, z, t) - I_0(x, y, z).$$

Бу ерда $w_x \sin \alpha$ – ҳаво массаси томонидан кўтариб кетилаётган заррачанинг вертикал тезлиги. Жараён математик моделининг асосий параметрлари даржали функциялар кўринишида қабул қилинди:

$$u(z, t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \cos \beta, \quad v(z, t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \sin \beta, \quad w(z, t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n,$$

$$k(z, t) = k_0(z, t) + \bar{k}(z, t), \quad \mu(z, t) = \bar{\mu} |v(z, t)|,$$

ва бунда $|v_1|$ – шамол тезлигининг $z=1$ м баландликдаги абсолют қиймати.

Шамол тезлиги ва йўналишини ифодалаш учун $V_n = v(z_2) / v(z)$, $v(z) = \sqrt{u(z)^2 + v(z)^2}$ ёрдамчи функциялар киритилди ва масса сақланиши тенгламаси куйидаги кўринишда ёзилди:

$$V_n \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + v(z_2) \cos \alpha(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} + v(z_2) \sin \alpha(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} + V_n (w - w_x) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} + V_n \sigma \theta(x, y, z, t) = V(z_2) \mu \left(\frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial y^2} \right) + V_n \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right) + V_n \delta(x, y, z) I(x, y, z, t).$$

Биринчи бобнинг охириги параграфида зарарли моддаларнинг кўчиши ва тарқалиши жараёнларининг математик модели чегаравий шартларнинг умумий кўринишида, жой орографиясини ҳисобга олиб қурилган. Бунда тенглама куйидаги кўринишга эга бўлди:

$$\frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (u h \theta(x, y, z, t)) + \frac{\partial}{\partial z} ((w - w_x) h \theta(x, y, z, t)) + \sigma \theta(x, y, z, t) h = \mu \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} \right) + \mu \frac{\partial}{\partial y} \left(h \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(x) h \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right) + \delta_{i,j,k} I(x, y, z, t).$$

(3)-(4) шартлар биринчи, иккинчи ва учинчи жинсли чегаравий шартларга мос, жойнинг орографиясини ҳисобга оладиган кўринишда қабул қилинди:

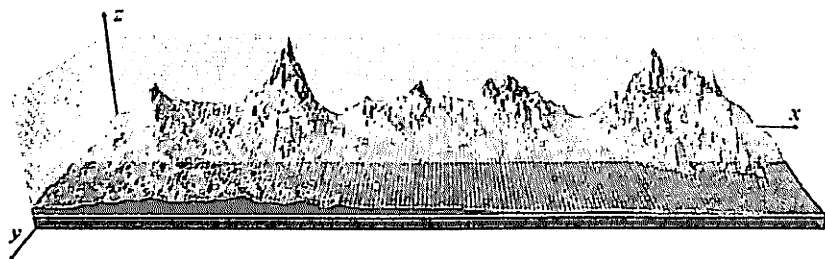
$$\alpha_1 (\theta(x, y, z, t) - \theta_{II}) \Big|_{z=0} + \beta_1 \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{z=0} = 0, \quad \alpha_2 (\theta(x, y, z, t) - \theta_{II}) \Big|_{z=L_z} + \beta_2 \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{z=L_z} = 0,$$

$$\alpha_3 (\theta(x, y, z, t) - \theta_{II}) \Big|_{y=0} + \beta_3 \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0, \quad \alpha_4 (\theta(x, y, z, t) - \theta_{II}) \Big|_{y=L_y} + \beta_4 \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = 0,$$

$$k(x) \frac{\partial \theta}{\partial z} - h\beta\theta = -hI_0 \text{ при } z = 0.$$

Параметрлар $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ нинг қийматлари масаланинг қуйилишига қараб берилди ва улар 0 ёки 1 ни ташкил этишади.

Жойнинг орографияси $h(x, y, z)$ параметри орқали берилди. Агар қатлам ер сатҳидан пастда бўлса унинг қиймати 0 га, қатлам атмосферада бўлса 1 га ва қатлам чегара балан бир сатҳда бўлса $(\eta - z_{k-0.5})/\Delta z$ га тенг қилиб қабул қилинади. Бу ерда η – қатламнинг денгиз сатҳидан баландлиги; $\Delta z = z_{k+0.5} - z_{k-0.5}$. Моделнинг ҳар бир қатлами учун ҳаво оқимининг ғўхтатилишини ифодаловчи h ($0 \leq h \leq 1$) кўпайтувчи киритилди (1-расм).



1-расм. Аэрозол ташландиқлар кўчиши йўналишида жойнинг рельефи.

■ – $h = (\eta - z_{k-0.5})/\Delta z$, □ – $h = 0$, ▨ – $h = 1$, ▩ – орография сирти

Кўп йиллик маълумотларга статистик ишлов бериш асосида зарарли моддаларнинг атмосферада ютилиши катталигини ифодаловчи синусоидал муносабат олинди:

$$\sigma(t) = \sigma_0 + \Delta\sigma \sin\omega t.$$

Бунда σ_0 – модданинг атмосферада ютилиши коэффициентининг ўртача суткалик қиймати; $\Delta\sigma$ – коэффициент ўзгаришининг суткалик амплитудаси; ω – ўзгаришнинг суткалик циклик частотаси.

Бундан кейин биринчи бобнинг асосий хулосалари келтирилган.

«Аэрозоллар ва зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалиши ностационар жараёнларини сонли моделлаштириш» деб номланган иккинчи боб аэрозоллар ва зарарли моддаларнинг уч ўлчовли атмосфера

турбулент чегаравий қатламида тарқалиши ностационар масалаларини ечиш учун ишлаб чиқилган сонли усулларга бағишланган.

Биринчи параграфда зарарли моддаларнинг атроф муҳитда тарқалиши ностационар жараёнининг сонли моделини куришда каср қадамлар усули ва «оқимга қарши» схеманинг ютуқларидан фойдаланилди. Бу учун тенглама (1) операторлар ёрдамида ёзиб олинди:

$$\frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + \sigma \theta(x, y, z, t) = (L_1 + L_2 + L_3) \theta(x, y, z, t) + \delta I,$$

бу ерда

$$L_1 \theta = -u \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial x^2}, \quad L_2 \theta = -v \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial y^2},$$

$$L_3 \theta = -(w - w_x) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right).$$

Масала $t = n \Delta t$ вақтнинг ҳар бир қадамида уч босқичда ечилди.

Вақтнинг каср қадамлар учун аппроксимация қуйидагича бўлди:

$$\frac{\theta^{n+1/3} - \theta^n}{\Delta t/3} + \sigma \theta^{n+1/3} = L_1 \theta^{n+1/3} + (L_2 + L_3) \theta^n + I^{n+1/3},$$

$$\frac{\theta^{n+2/3} - \theta^{n+1/3}}{\Delta t/3} + \sigma \theta^{n+2/3} = L_2 \theta^{n+2/3} + (L_1 + L_3) \theta^{n+1/3},$$

$$\frac{\theta^{n+1} - \theta^{n+2/3}}{\Delta t/3} + \sigma \theta^{n+1} = L_3 \theta^{n+1} + (L_1 + L_2) \theta^{n+2/3}.$$

x ва y координаталар бўйича ўзгармас, баландлик z бўйича эса ўзгарувчан $\Delta z_l = z_l - \Delta z_{l-1}$ ($l=1, 2, \dots, K$) қадамлардан фойдаланилди. Жадвалда $k(z)$ нинг баландликдан боғлиқ ўзгариши келтирилмоқда.

Турбулент алмашинув коэффициенти k нинг z га боғлиқ ўзгариши

z	0,5	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
$k(z)$	0,01	0,01	0,012	0,013	0,014	0,015	0,017	0,02	0,022	0,03	0,035	0,04	0,05	0,055	0,06

Конвектив ҳадларни аппроксимациялаш учун А.А.Самарскийнинг «оқимга қарши» схемасидан фойдаланилди. Хусусий ҳолда, биринчи каср қадамда қувиш жараёнини аниқлаб берувчи оператор қуйидагича ёзилди:

$$(L_1 \theta)_i^{n+1/3} = \left(\frac{\mu^{n+1/3}}{\Delta x^2} + \frac{|u_i^{n+1/3}| + u_i^{n+1/3}}{2\Delta x} \right) \theta_{i-1}^{n+1/3} - \left(\frac{2\mu^{n+1/3}}{\Delta x^2} + \frac{|u_i^{n+1/3}|}{\Delta x} \right) \theta_i^{n+1/3} +$$

$$+ \left(\frac{\mu^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \frac{|u_i^{n+1/2}| - u_i^{n+1/2}}{2\Delta x} \right) \theta_{i+1}^{n+1/2}.$$

Чекли айирмали тенгламалар матрица шаклига келтирилди ва маълум қувиш усули ёрдамида ечилди. Юқорида таклиф этилган алгоритмлар асосида дастурлар мажмуаси ишлаб чиқилган ва ЎЗР Интеллектуал мулк агентлигида қайд этилган.

Иккинчи параграфда зарарли моддаларнинг атмосферада тарқалиши жараёнини прогноزلаш масаласини шамол тезлиги ва турбулентлик коэффициентининг баландликка боғлиқ ҳолида ечиш учун ишлаб чиқилган дифференциал-айирмалар усулига асосланган алгоритми келтирилган.

Қуйилган масалани ечиш учун x ва y координатлари бўйича тўғри чизиқ усули жорий этилиб, монотон ярим ошкор схемалари фойдаланилган: тенглама конвектив ҳадларининг коэффициентлари вақтнинг олдинги $t=t_n$ қадамига мос, қолган ҳадлар учун эса қаралаётган t_{n+1} вақтга мос қабул қилинган. Фундаментал ва диагональ матрицаларнинг элементларини ҳисоблаш формулалари В.Н.Фаддеева ва С.Каримбердиеваларнинг ишларидан олинган. Матрица кўринишидаги тенгламадан автоном тенгламаларга ўтиш имконини берувчи, одатдаги номаълум функциядан ёрдамчи функцияга ўтиш усули ёритилган.

Тенглама коэффициентларининг баландликдан боғлиқлиги туфайли z координата бўйича ўзгарувчан кадам, одатдаги тўғри ва тесқари қувиш усулларида фойдаланилди. Параграф охирида фундаментал матрица ёрдамида изланалаётган функциядан ёрдамчи функцияга ўтиш ва қайта ўтиш учун формулалар келтирилган.

Учинчи параграфда «Жой орографиясини гипотетик ҳисобга олганда атмосфера ерусти чегаравий қатламида зарарли моддаларнинг кўчиши ва диффузияси жараёнлари масаласини ечиш учун ўзгарувчан йўналишлар усулининг модификацияси» келтирилган.

Агар бобнинг биринчи параграфиди ўзгарувчан йўналишлар усулида ошқормас аппроксимация схемасидан фойдаланилган бўлса, бу параграфда икки қатламли, 0.5 вазли схемадан фойдаланилди. Ўзгарувчан йўналиш усулининг бу параграфда таклиф этилган модификациясининг афзаллиги шундан иборатки, тенглама ва унинг чегаравий шартларининг аппроксимацияси ҳам вақт ва ҳам фазовий координаталар бўйлаб иккинчи тартибли аниқликка эга.

Ушбу алгоритм асосида ишлаб чиқилган дастур таркибига умумий фойдаланиладиган SRTM маълумотлари асосида турли таснифлаш даражасига эга рельеф карталарни тузиш, обу ҳаво веб-сервислари томонидан юборилаётган реал маълумотлардан фойдаланишга йўл очувчи модулар киритилган. Яратилган дастурий восита қаралаётган жараённи реал вақт масштабида мониторинг этиш ва прогноزلаш имконига эга.

Параграф охирида математик модель параметрларининг турли қийматларида Оҳангарон-Олмалик-Ангрен худуди учун обу ҳаво ва клим

шароитига мос, худуд рельефи ҳисобга олинмаган ва олинган ҳоллар учун ўтказилган сонли тажрибанинг натижаларидан намуналар келтирилган.

Бобнинг хулосаларида масалаларни ечишнинг иккинчи бобда ишлаб чиқилган сонли алгоритмларининг асосий хусусиятлари санаб ўтилган.

Ишнинг «Аэрозоль ташландикларнинг атмосферада кўчиши ва диффузиясининг асосий ва тескари масаласи» номли икки параграфдан иборат учинчи боби кўчиш ва диффузия жараёнининг асосий ва тескари масалалари учун, шунингдек атмосферага аэрозолли чиқиндиларни тарқатувчи саноат объектларини оптимал жойлаштиришнинг математик моделларини ва ЭХМда ҳисоблаш тажрибасини ўтказиш имконини берувчи сонли алгоритмларни ишлаб чиқишга бағишланган.

Асосийга тескари масала куйидагича шакллантирилган:

$$\begin{aligned} & -\frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial t} - u \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial x} - v \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial y} - w \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial z} + \sigma \theta^* = \\ & = \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial z} \right) + \mu \left(\frac{\partial^2 \theta^* (x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta^* (x, y, z, t)}{\partial y^2} \right) + P(x, y, z, t), \end{aligned} \quad (6)$$

$$x = 0 \text{ ва } y = 0 \text{ да } -\mu \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial x} = (\theta^* (x, y, z, t) - \theta_0^* (x, y, z, t)), \quad (7)$$

$$x = L_x \text{ ва } y = L_y \text{ да } \mu \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial x} = (\theta^* (x, y, z, t) - \theta_0^* (x, y, z, t)), \quad (8)$$

$$z = z_0 \text{ да } \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial z} = \beta \theta^* (x, y, z, t), \quad (9)$$

$$z = H \text{ да } \frac{\partial \theta^* (x, y, z, t)}{\partial z} = 0, \quad (10)$$

$$\theta^* (\bar{r}, T) = \theta^* (\bar{r}, 0), \quad \bar{r} = (x, y, z). \quad (11)$$

Агар вақт йўналиши тескари бўлиши ҳисобга олинмаса, боғланган (6)-(11) масалани ечиш усули асосий масалани ечиш усулидан деярли фарқ қилмайди. Вақтнинг бошланғич қиймати $t=T$ ни ташкил этади ва t нинг камайиши томонига давом этади. Эркин ўзгарувчи t ни $t' = T - t$ га ва $u' = -u$, $v' = -v$, $w' = -w$ алмаштиришлар билан масалани асосий масала кўринишига келтириш мумкин.

Қаралаётган худудга тегишли $\bar{r}_0 \in D$ нуктада жойлашган саноат объекти учун шу нукта координаталаридан параметрик боғлиқ бўлган $Y_D^*(\bar{r}) = \int_0^T \theta^*(\bar{r}_0, t) dt$ функционални киритамиз. Бу функционал ёрдамида куйидаги функцияни аниқлаш мумкин:

$$Y^*(\bar{r}) = \min_{\bar{r}_0 \in D} Y_D^*(\bar{r}_0).$$

Бу ерда \bar{r}_0 минималлашув нуқтасини ташкил этади.

Ташлаш баландлиги h ни ҳисобга олиб, $Y_p(x, y, h)$ функция майдонини куриш лозим. Натижада (x, y) текислигида $Y'(x, y, h) = \text{const}$ ўзгариш майдони ҳосил бўлади ва ундан зарарланишнинг санитар меёрларига мос келувчи D_0 соҳани топиб оламиз.

Ишлаб чиқилган модель ва мос сонли алгоритм дастурий комплекс тарзида мужассамлаштирилди ва у минималлаштирувчи функционални $Y_p(x, y, h)$, $Y(x, y, h)$ ҳисоблашга имкон яратади, шу билан бирга, янги саноат объектнинг ифлослантириш энг кам бўладиган мақсадга мувофиқ жойлашувини аниқлаб беради.

Диссертациянинг тўртинчи «Аэрозоль ташландикларнинг атмосферада тарқалиши жараёнини мониторинг этиш ва прогнозлаш учун дастурий таъминот» боби уч параграфдан иборат бўлиб, унда изланувчи томонидан ишлаб чиқилган дастурий маҳсулотларнинг тавсифи ва функционал имкониятлари ёритилган.

Биринчи параграфда «Объекта йўналтирилган «Аэрозоль» дастурининг тузилиши ва функционал имкониятлари келтирилган». Унинг асосий ишчи ойнаси 2-расмда келтирилган.

Ойнадаги маълумотлар дастурнинг кўшимча функционал имкониятларини намойиш этади: «Карта», «Маълумотларни киритиш», «Берилганларни ҳисоблаш», файллар ўқиб олинadиган соҳалар ва берилган жой географик харитасини танлаш.

Ввод исходных данных

Имя файла карты местности:

Область исследования (км) по X: км по Y: км по Z: км

Разделение на отрезки по X: по Y: по Z:

Активная область по X: до по Y: до по Z: до

Назначение источника:

Высота по умолчанию:

Скорость ветра (м/с):

Направление ветра:

Период осадков (час):

Долгое время для поиска:

Длина по источнику:

Климатический источник:

Номер источника:

Расположение по X:

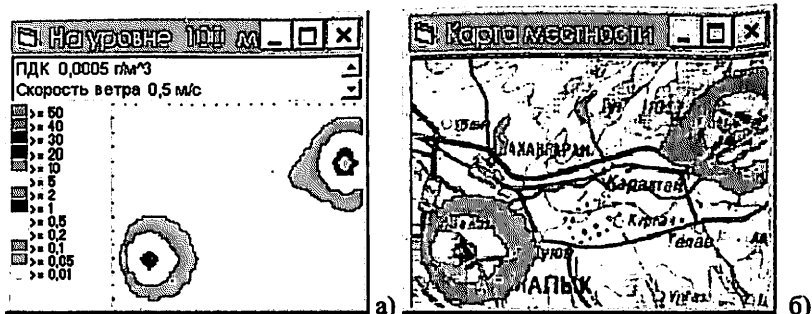
Расположение по Y:

Расположение по Z:

Идентификация источника:

2-расм. Берилган вақтда маълумотлар киритиш учун диалог ойнаси

Олиб борилган сонли ҳисоблаш натижалари турли ранглардаги сиртлар кўринишида тоза майдонда ёки жой харитаси фонида намоиш этилиши мумкин (3-расм). Харитали кўринишни олиш учун «Карта» функционал тугмасини босиш kifоя.



3-расм. Зарарли моддалар концентрацияси тарқалиши
 а) жой харитасисиз; б) жой харитаси билан

Шунингдек, натижаларни ҳисоб тўрининг баландликларига мос кесимида ва вертикал кесимда, зарарли моддаларни чиқариб ташлаш жадаллиги турлича бўлган бир ёки бир неча манбалар учун тасвирлаш имкони мавжуд.

ХУЛОСА

«Саноат ҳудудларида атмосферанинг ифлосланишини мониторинг қилиш ва башоратлаш тизими моделлари ва алгоритмлари» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Ишда кўрсатилган омилларнинг ҳисобга олиниши, жумладан метеорологик тавсифлар, ернинг рельефи ва унинг чегаравий қатлами тавсифлари атмосферада аэрозолли чикиндилар тарқалишини адекват ифодаловчи математик моделларни яратишга имкон яратди.

2. Ўтказилган ҳисоблашлар натижаларидан аниқландики, аэрозолларнинг кўчиши ва диффузияси жараёнига таъсир қилувчи асосий омиллар – атмосферадаги ҳаво оқими тезлиги ва йўналиши, моддаларнинг атмосферада ютилиши, оқим билан ер сатҳи орасидаги масса алмашинуви, зарарли моддаларнинг манбаси қуввати ва координаталаридир.

3. Ҳисоблаш тажрибалари ҳудуд рельефи ўзгаришининг шамол тезлиги ва йўналишини, турбулентликнинг кўчиши ва йўналишининг қийматини аниқлаб беришнинг курсатди. Табиий тепаликлар устида зарарли моддалар кўчиши жадал бериши аниқланди.

4. Сонли тажриба натижаларига кўра, аэрозоль заррачаларнинг атмосферада максимал ютилиши куннинг тонги ва кечки пайтларига тўғри келади. Саноат объектларидан чиқариб ташланаётган зарarli моддалар концентрациясининг атмосферада суткалик ўзгариши айнан ютилиш омили туфайли вужудга келади.

5. Кўрилаяётган худудда янги саноат объектларининг оптимал жойлаштирилиши масаласини ечиш учун математик модель ва атмосферада аэрозолли чиқиндиларнинг диффузияси ва кўчишининг асосий ва тескари масалалари учун сонли алгоритмлар ишлаб чиқилди ва уларнинг икки томонламали эканлиги исботланди.

6. Яратилган дастурий таъминот ҳисоблаш жараёнида гидрометеорологик ва географик маълумотлардан бевосита фойдаланиш ва натижаларни динамик режимда визуаллаштириш имконига эга.

7. Ишлаб чиқилган математик модель модификациялари, сонли алгоритмлар ва дастурий воситалар Олмалик, Оҳангарон, Ангрен шаҳарлари саноат худудида корхоналаридан чиқариб ташланаётган зарarli моддаларнинг тарқалиши ва Орол денгизининг қуриган майдонларидан тузчанг зарраларнинг деяцияси ва атмосферада тарқалиши жараёнлари хусусиятларини ўрганишга жорий этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

ШАРИПОВ ДАЛЕР КУЧКАРОВИЧ

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В
ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ**

05.01.07 – Математическое моделирование. Численные методы и комплексы программ

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2017.1.PhD/Т8

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

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


- Научный руководитель:** Равшанов Нормакмад
доктор технический наук
- Официальные оппоненты:** Кабулов Анвар Восялович
доктор технический наук, профессор
Нормуродов Чорн Бегалевич
доктор физико-математических наук
- Ведущая организация:** Самаркандский государственный университет

Защита диссертации состоится «__» _____ 2017 г. в __ часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №__). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2017 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2017 года.)




Р.Х.Хамдамов
Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Ф.Нуралиев
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н.

М.Исмаилов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Мировая динамика прироста населения обуславливает возрастающую потребность в пище, одежде и прочих продуктах, обеспечивающих жизнедеятельность человека, а также создание новых предприятий с целью облегчения его быта. В результате активной хозяйственной деятельности за последние 20 лет постоянный уровень загрязнения атмосферы увеличился на 30%. В целях улучшения экологии планеты и предотвращения отрицательных изменений климата странами-участницами ООН в 1997 году в г. Киото (Япония) был принят протокол, получивший развитие в рамках Парижского соглашения от 12 декабря 2015 года. Согласно этому протоколу, «страны Евросоюза, на долю которых объем выбрасываемого в атмосферу загрязнения в 1990 году составил 5,9 млн. тонн, планировали до 2030 года объемы выброса сократить на 40 %, в США до 2025 года - на 28 %, а в КНР – в 4 раза».² В связи с этим усилия в области математического моделирования, мониторинга и прогнозирования степени загрязнения атмосферы приобретают все большую актуальность.

В годы независимости в нашей республике наряду с интенсивным развитием отраслей производства, особое внимание уделяется обеспечению отраслей производства сырьем, рабочей силой, размещению и возведению промышленных предприятий в городах и вновь образованных свободных индустриальных зонах. В этой связи, проведен ряд исследований по возможным нарушениям экологического баланса в промышленных регионах и разработке математических моделей и численных алгоритмов по мониторингу и прогнозированию процессов распространения вредных веществ в атмосфере, выбрасываемых предприятиями в окружающую среду.

В мире разработка математических моделей и численных алгоритмов на основе мониторинга и прогнозирования процессов распространения вредных веществ в атмосфере и оптимального размещения новых производственных мощностей имеет важное значение. В проводимых целевых исследованиях особое внимание уделяется таким аспектам, как разработка математических моделей процесса распространения вредных веществ в приземном атмосферном пограничном слое с учетом природных и климатических факторов, создание программных комплексов, позволяющих определить оптимальное, с точки зрения экологии, размещение объектов и визуализация результатов расчетов с учетом наибольшей допустимой концентрации вредных веществ.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Постановлением Президента Республики Узбекистан от 27 июня 2013 года №ПП-1989 «О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан», Указом Президента Республики

² <http://rza.org.uz/news/read/Parizhskij-protokol-vmesto-Kiotskogo.html>

Узбекистан от 21 апреля 2017 года №УП-5024 «О совершенствовании системы государственного управления в сфере экологии и охраны окружающей среды», Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 23 мая 2017 года №310 «Об утверждении Положения о Государственном комитете Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды».

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

Степень изученности проблемы. В нашей стране и за рубежом разработаны многочисленные комплексы и программы, основанные на методологии моделирования процесса распространения вредных веществ, разработке модели конкретного случая и позволяющие изучить влияние параметров на процесс на основе методов вычислительного эксперимента. Вопросы усовершенствования математических моделей процесса распространения вредных веществ в атмосфере затрагиваются в работах таких зарубежных и отечественных ученых, как А. Devastnale, W.W. Behrens, P. Speckman (США), G.C. Miller, J.N. Seiber, J.M. Laflen, D.H. Medaws, J. Ronders, D. Simpson, M. Koiser, H.H. Shuger (Норвегия), R. Dvorak (Австрия), A. Prevot (Швейцария), J. Opsamer (Бельгия), Г.И. Марчук, М.И. Лунев, М.Е. Берлянд, В.М. Белолипецкая, Ю.И. Шокин, В.В. Пененко (РФ), Ф.Б. Абуталиев, Т. Юлдашев, С. Каримбердиева, А.Х. Бегматов, Ю.В. Петров (РУз).

В работах М.И. Лунева и М.Е. Берлянда математическая модель распространения вредных веществ в атмосфере рассмотрена с учетом средних значений параметров по высоте, а направление ветра совпадает с направлением оси x . Методами численного решения трехмерных уравнений математической модели получены результаты в работах Г.И. Марчука, М.И. Лунева, М.Е. Берлянда, В.М. Белолипецкой, Ю.И. Шокина, В.В. Пененко. Алгоритмы численного решения задач предложены и исследованы в работах С. Каримбердиевой, А.Х. Бегматова, Ю.В. Петрова и др.

Разработка усовершенствованных моделей для мониторинга и прогнозирования распространения вредных веществ при различных значениях коэффициента взаимодействия воздушного потока с подстилающей поверхностью, с учетом сезонного и суточного характера коэффициента поглощения вредных веществ в атмосфере, граничных условий задачи, в том числе рельефа местности, изучена недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках НИР Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при

Ташкентском университете информационных технологий и Института математики АН РУз, в частности, по проектам: ФА-А17-Ф007 «Разработка и внедрение объектно-ориентированных программных продуктов и баз данных для анализа динамического режима функционирования и принятие решения в газотранспортных, геотехнологических и экологических системах» (2008-2011 гг.); ЕА7-001 «Разработка эффективных вычислительных алгоритмов и программного средства для мониторинга и прогнозирования экологического состояния промышленных регионов» (2014-2015 гг.); А-5-12 «Разработка математического обеспечения мониторинга и прогнозирования экологического состояния промышленных регионов» (2015-2017 гг.) и др.

Целью исследования является разработка конкретных математических моделей, численных алгоритмов и программного комплекса для анализа, мониторинга и прогнозирования экологического состояния экологических регионов, а также оптимального размещения промышленных объектов с учетом процесса распространения вредных веществ в атмосфере.

Задачи исследования:

разработка и усовершенствование математических моделей процесса распространения вредных веществ в атмосфере с учетом климатических факторов, поглощения вредных веществ атмосферой, орографии местности и других дополнительных факторов;

разработка эффективных численных алгоритмов для изучения процесса распространения вредных веществ в атмосфере на основе методов расщепления и дифференциально-разностного метода;

усовершенствование математической модели оптимального размещения промышленных объектов с учетом сосредоточенных источников аэрозольных выбросов в окружающую среду на основе решения сопряженной задачи;

разработка программно-инструментального комплекса для автоматизации проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ и интерпретации результатов численных расчетов в виде табличных, графических и анимационных объектов.

Объектом исследования является нестационарный процесс распространения вредных веществ в атмосфере, выбрасываемых из промышленных объектов и других источников загрязнения.

Предмет исследования – математические модели, вычислительные алгоритмы и программный комплекс для проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Методы исследования. В ходе исследовательской работы использованы методы системного анализа, математического моделирования, численные методы и вычислительный эксперимент.

Научная новизна исследования:

усовершенствована математическая модель процесса распространения вредных веществ в приземном пограничном слое атмосферы введены новые факторы: поглощение вредных веществ в атмосфере сезонным и суточным циклом, массообмен дефляционных частиц между воздушным потоком и подстилающей поверхностью и орография местности;

усовершенствована математическая модель процесса с использованием реальных данных о погоде с учетом изменения скорости ветра и коэффициента турбулентного обмена по высоте;

разработаны эффективные вычислительные алгоритмы для решения прямых и сопряженных задач, описывающих процесс распространения вредных веществ в атмосфере с учетом предельно допустимых концентраций в рассматриваемом регионе, позволяющих определять оптимальное место размещения новых промышленных объектов с экологической точки зрения;

выявлены особенности процесса распространения вредных веществ в атмосфере, связанные с суточным изменением скорости и направления ветра, изменения коэффициента турбулентного обмена по высоте, переменности коэффициента массообмена между воздушным потоком и подстилающей поверхностью.

Практические результаты исследования. Представлены картины экологического состояния Ахангаран-Алмалык-Ангренского промышленного региона с учетом источников загрязнения, годового и суточного изменения розы ветров, изменения скорости потока и коэффициента турбулентного обмена по высоте и орографии местности. Указаны пути изучения особенностей процесса дефляции засоленных частиц из высохшего дна Аральского моря с учетом перечисленных выше факторов.

Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что уравнение переноса вредных веществ в атмосфере и его крайевые условия сформированы строго по законам сохранения массы. При использовании численных методов обеспечены необходимые точность аппроксимации и сходимости вычислительного процесса, а результаты расчетов не противоречат законам природы.

Внедрение результатов исследования. На основе разработанных математических моделей, алгоритмов и программных комплексов по распространению вредных веществ в атмосфере:

с целью мониторинга и прогнозирования экологического состояния промышленных регионов разработанные математические модели, вычислительные алгоритмы и программные комплексы внедрены в Джизакском и Самаркандском областных комитетах по охране природы (справка от 2 июня 2017 года №24-8/3401 Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций). Результаты исследования позволили достичь экономического эффекта за счет своевременного прогнозирования экологического состояния и оповещения о возможных рисках;

программные продукты для оценки экологического состояния территорий вблизи промышленных объектов с учетом скорости и направления ветров, предельно-допустимых норм концентрации вредных веществ и орографии местности внедрены в деятельность Ангренской, Алмалыкской и Чирчикской инспекций по охране природы Ташкентской области (справка от 2 июня 2017 года №24-8/3401 Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций). Результаты исследования позволяют снизить вредное воздействие на население Ахангаранской долины от деятельности вновь строящихся предприятий за счет их оптимального размещения.

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

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении работы обоснована актуальность и востребованность исследований, сформулированы цели и задачи исследования и дана общая характеристика, в том числе краткое содержание работы.

Первая глава «Развитие исследований процесса распространения вредных веществ в приземном пограничном слое и усовершенствование математической модели процесса с учетом новых факторов» состоит из трёх параграфов. В ней приведен краткий аналитический обзор исследований по теме работы и модификация математической модели переноса и распространения вредных веществ в атмосфере с учетом новых факторов.

В первом параграфе проведен анализ опубликованных работ по методологии математического моделирования, численных методов и результатов исследования по процессам диффузионного и конвективного переноса вредных веществ в атмосфере, определены тенденции развития математического моделирования, методов численного решения и программного обеспечения по задачам экологии воздушного пространства и подстилающей поверхности. На основе этих аналитических исследований сформулированы основные задачи, на решение которых направлена диссертационная работа.

Во втором параграфе приведена математическая модель исследуемого процесса с учетом поглощения вредных веществ атмосферой и массообмена между воздушной массой и подстилающей поверхностью. Уравнение переноса и диффузии вредных веществ в области расчета $D = (0 < x < L_x, 0 < y < L_y, 0 < z < L_z, t > 0)$ принято в виде

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + u \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} + v \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} + \sigma \theta(x, y, z, t) = \\ & = \mu \left(\frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right) + \delta(x, y, z) I(x, y, z, t). \end{aligned} \quad (1)$$

Начальные и краевые условия сформированы следующим образом:

$$\theta(x, y, z, 0) = \theta_0(x, y, z), \quad (2)$$

$$\theta(x, y, z, t) \Big|_{z=0, z=L_z} = \theta(x, y, z, t) \Big|_{y=0, y=L_y} = 0, \quad (3)$$

$$-k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = \beta(x, y) \theta(x, y, z, t) \text{ при } z = 0, \quad (4)$$

$$k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = 0 \text{ при } z = L_z. \quad (5)$$

Здесь $\theta(x, y, z, t)$ – концентрация распространяющегося вещества; t – время; x, y, z – декартовы координаты; u, v, w – составляющие скорости ветра по направлениям x, y, z ; w_g – скорость осаждения частицы; k – коэффициент турбулентного обмена; μ – коэффициент диффузии; σ – коэффициент поглощения вредного вещества; β – коэффициент взаимодействия (массообмена) с подстилающей поверхностью; $I(x, y, z, t)$ – мощность источников, задаваемая с помощью δ - функции Дирака.

Представлены формулы для скорости осаждения аэрозольных частиц и коэффициента диффузии. Обсуждена особенность изменения скорости воздушного потока и коэффициента турбулентного перемещения по высоте. Модель допускает постоянное $\beta = const$ и переменные значения коэффициента взаимодействия $\beta = \beta(x, y)$. Причем, если частица попадает в твердую стенку, то считается $\beta = 0$, если в водную поверхность – $\beta = 1$.

В третьем параграфе предлагается математическая модель распространения вредных веществ в приземном пограничном слое атмосферы с учетом уноса частицы из наклонной плоскости, изменения скорости ветра и коэффициента турбулентного обмена по высоте. При этом условие на поверхности подстилающей поверхности принимается в виде

$$k_z \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = -w_g \sin \alpha \theta(x, y, z, t) + \beta \theta(x, y, z, t) - I_0(x, y, z) \text{ при } z = 0.$$

Здесь $w_g \sin \alpha$ – вертикальная составляющая скорости частицы, вовлеченной воздушной массой. Основные параметры математической модели процесса определяются в виде степенных функций:

$$u(z,t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \cos \beta, \quad v(z,t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \sin \beta, \quad w(z,t) = |v_1| \left(\frac{z}{z_1} \right)^n,$$

$$k(z,t) = k_0(z,t) + \bar{k}(z,t), \quad \mu(z,t) = \bar{\mu} |v(z,t)|,$$

где $|v_1|$ – модуль скорости ветра на высоте $z=1$ м.

Для описания скорости и направления ветра вводятся вспомогательные функции $V_n = v(z_2) / v(z)$, $v(z) = \sqrt{u(z)^2 + v(z)^2}$, а уравнение сохранения массы имеет вид

$$V_n \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + v(z_2) \cos \alpha(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} + v(z_2) \sin \alpha(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} +$$

$$+ V_n (v - w_x) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} + V_n \sigma \theta(x, y, z, t) = V(z_2) \mu \left(\frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial y^2} \right) + V_n \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right) + V_n \delta(x, y, z) I(x, y, z, t).$$

В последнем параграфе первой главы диссертации приводится математическая модель процессов переноса и распространения вредных веществ при общей постановке краевых условий и с учетом орографии местности. При этом уравнение принимается в виде

$$\frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (uh\theta(x, y, z, t)) + \frac{\partial}{\partial z} ((w - w_x)h\theta(x, y, z, t)) +$$

$$+ \sigma \theta(x, y, z, t) h = \mu \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} \right) +$$

$$+ \mu \frac{\partial}{\partial y} \left(h \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(x) h \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right) + \delta_{i,j,k} I(x, y, z, t).$$

Граничные условия (2), (3) приняты с учетом реализации возможных вариантов первого, второго и третьего родов граничных условий, а также орографии местности:

$$\alpha_1 (\theta(x, y, z, t) - \theta_H) \Big|_{x=0} + \beta_1 \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \quad \alpha_2 (\theta(x, y, z, t) - \theta_H) \Big|_{x=L_x} + \beta_2 \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = 0,$$

$$\alpha_3 (\theta(x, y, z, t) - \theta_H) \Big|_{y=0} + \beta_3 \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0, \quad \alpha_4 (\theta(x, y, z, t) - \theta_H) \Big|_{y=L_y} + \beta_4 \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = 0,$$

$$k(x) \frac{\partial \theta}{\partial z} - h\beta\theta = -hI_0 \text{ при } z = 0.$$

Значения параметров $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ в условиях задаются в зависимости от постановки задачи и могут принимать значения 0 или 1.

Орография местности учитывается параметром $h(x, y, z)$. Он принимает значение 0, если слой находится ниже поверхности земли, 1 – если слой находится в атмосфере и $(\eta - z_{k-0.5})/\Delta z$ – если слой находится на уровне подстилающей поверхности. Здесь η – высота возвышенности над плоскостью, параллельной уровню моря, а $\Delta z = z_{k+0.5} - z_{k-0.5}$. Для каждого слоя модели вводится множитель h ($0 \leq h \leq 1$), определяющий степень блокирования воздушного потока (рис. 1).

На основе статистической обработки многолетних данных для описания величины поглощения вредных веществ атмосферой получена синусоидальная зависимость в виде

$$\sigma(t) = \sigma_0 + \Delta\sigma \sin \omega t.$$

Здесь σ_0 – среднесуточное значение коэффициента поглощения аэрозольных выбросов в атмосферу; $\Delta\sigma$ – амплитуда изменения коэффициента поглощения за сутки; ω – циклическая частота суточного изменения.

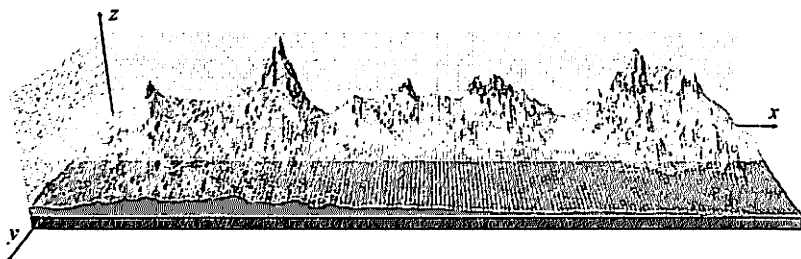


Рис. 1. Рельеф местности вдоль области переноса аэрозольных выбросов:

▣ – $h = (\eta - z_{k-0.5})/\Delta z$, ▢ – $h = 0$, ▤ – $h = 1$, ▥ – орографическая поверхность

Далее приводятся основные выводы по первой главе.

Вторая глава работы «Численное моделирование нестационарных процессов распространения аэрозолей и вредных веществ в атмосфере» посвящена разработке численных методов решения задач о нестационарных процессах распространения аэрозолей и вредных веществ в трехмерном приземном турбулентном пограничном слое атмосферы.

В первом параграфе при численном моделировании нестационарного процесса распространения вредных веществ в окружающей среде используются положения метода дробных шагов и схемы «против потока». Для этого уравнение (1) записано в операторной форме:

$$\frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial t} + \sigma \theta(x, y, z, t) = (L_1 + L_2 + L_3) \theta(x, y, z, t) + I,$$

где

$$L_1 \theta = -u \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial x^2}, \quad L_2 \theta = -v \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 \theta(x, y, z, t)}{\partial y^2},$$

$$L_3 \theta = -(w - w_g) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} \right).$$

Задача решается в три этапа для каждого n -го шага времени $t = n\Delta t$.
Аппроксимация по дробным шагам времени имеет вид

$$\frac{\theta^{n+1/3} - \theta^n}{\Delta t/3} + \sigma \theta^{n+1/3} = L_1 \theta^{n+1/3} + (L_2 + L_3) \theta^n + I^{n+1/3},$$

$$\frac{\theta^{n+2/3} - \theta^{n+1/3}}{\Delta t/3} + \sigma \theta^{n+2/3} = L_2 \theta^{n+2/3} + (L_1 + L_3) \theta^{n+1/3},$$

$$\frac{\theta^{n+1} - \theta^{n+2/3}}{\Delta t/3} + \sigma \theta^{n+1} = L_3 \theta^{n+1} + (L_1 + L_2) \theta^{n+2/3}.$$

Шаги интегрирования по координатам x и y имеют постоянные значения, а по высоте z использован неравномерный шаг $\Delta z_i = z_i - \Delta z_{i-1}$ при $i = 1, 2, \dots, K$. В таблице представлены изменения значения $k(z)$ по высоте.

Распределение коэффициента турбулентности $k(z)$

Z	0,5	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
$k(z)$	0,01	0,01	0,012	0,013	0,014	0,015	0,017	0,02	0,022	0,03	0,035	0,04	0,05	0,055	0,06

При аппроксимации конвективных членов использована схема «против потока» А.А.Самарского. В частности, при первом дробном шаге оператор, с участием которого организуется прогоночный процесс, аппроксимируется в виде

$$(L_1 \theta)_i^{n+1/3} = \left(\frac{\mu^{n+1/3}}{\Delta x^2} + \frac{|u_i^{n+1/3}| + u_i^{n+1/3}}{2\Delta x} \right) \theta_{i-1}^{n+1/3} - \left(\frac{2\mu^{n+1/3}}{\Delta x^2} + \frac{|u_i^{n+1/3}|}{\Delta x} \right) \theta_i^{n+1/3} +$$

$$+ \left(\frac{\mu^{n+1/3}}{\Delta x^2} + \frac{|u_i^{n+1/3}| - u_i^{n+1/3}}{2\Delta x} \right) \theta_{i+1}^{n+1/3}.$$

Конечно-разностные уравнения представлены в матричной форме и решены известным способом прогонки. По предложенным выше алгоритмам разработан программный комплекс, на который получено авторское свидетельство Агентства по интеллектуальной собственности РУз.

Во втором параграфе представлен алгоритм решения задач прогнозирования процесса распространения вредных веществ в атмосфере с учетом изменения скорости ветра и коэффициента турбулентности по высоте, построенный на основе дифференциально-разностного метода.

Для решения поставленной задачи по координатам x и y применяется метод прямых с использованием монотонной полуневявной схемы: значения коэффициентов конвективных членов уравнения взяты согласно результатам предыдущего временного шага $t = t_n$, а остальных членов – для времени t_{n+1} . Необходимые для вычисления значений элементов фундаментальной и диагональной матриц формулы использованы из материалов В.Н.Фаддеевой и С.Каримбердиевой. Описывается метод перехода от обычной искомой к вспомогательной, позволяющий из матричного уравнения перейти к автономным уравнениям.

В силу переменности коэффициентов уравнения по высоте по координате z используются непостоянный шаг, обычный процесс прямой и обратной прогонки. В конце параграфа приводятся формулы прямого и обратного перехода от искомой функции к вспомогательной с использованием фундаментальной матрицы.

В третьем параграфе приводится модификация метода переменных направлений для решения задачи о процессах переноса и диффузии вредных веществ в приземном пограничном слое атмосферы при гипотетическом учете орографии местности.

Если в первом параграфе главы метод переменных направлений использован с невявной схемой аппроксимации, то в этом параграфе применяется двухслойная схема с весом 0,5. Преимущество предложенной в этом параграфе модификации метода переменных направлений заключается в том, что аппроксимация уравнения и граничных условий имеет второй порядок точности как по времени, так и по пространственным координатам.

В состав программы, разработанной на основе данного алгоритма, включены модули, позволяющие создавать рельефные карты различной степени детализации на основе общедоступных данных SRTM в совокупности с реальными данными, импортируемыми со стороны погодных веб-сервисов. Разработанное программное средство представляет возможность осуществления мониторинга и прогнозирования рассматриваемого процесса в реальном масштабе времени. Программное средство позволяет получить распределение концентрации вредных веществ по вертикали с учетом подъема легких и тяжелых аэрозолей и распределения солепылевых частиц на разных уровнях атмосферы, а также вычислить количество аэрозолей в данном регионе и количество выпавших аэрозолей на подстилающую поверхность.

В конце параграфа приведены примеры результатов вычислительного эксперимента, проведенного для погоднo-климатических условий Ахангаран-Алмалык-Ангренского региона с учетом и без учета рельефа местности при различных значениях параметров математической модели.

В выводах по главе перечислены основные характеристики разработанных во второй главе численных алгоритмов решения задач.

Третья глава «Основная и сопряженная задачи переноса и диффузии аэрозольных выбросов в атмосфере», состоящая из двух параграфов, посвящена разработке математической модели сопряженной задачи процесса переноса и диффузии вредных веществ в атмосфере, а также математической модели для оптимального размещения промышленных объектов с учетом сосредоточенных источников аэрозольных выбросов в атмосфере и их численных алгоритмов для проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Сопряженная задача по отношению к основной имеет следующий вид:

$$-\frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial t} - u \frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial x} - v \frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial y} - w \frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial z} + \sigma \theta^* = \\ = \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial z} \right) + \mu \left(\frac{\partial^2 \theta^*(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta^*(x, y, z, t)}{\partial y^2} \right) + P(x, y, z, t), \quad (6)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial x} = (\theta^*(x, y, z, t) - \theta_0^*(x, y, z, t)) \text{ при } x=0 \text{ и } y=0, \quad (7)$$

$$\mu \frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial x} = (\theta^*(x, y, z, t) - \theta_0^*(x, y, z, t)) \text{ при } x=L_x \text{ и } y=L_y, \quad (8)$$

$$\frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial z} = \beta \theta^*(x, y, z, t) \text{ на } z=z_0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial \theta^*(x, y, z, t)}{\partial z} = 0 \text{ на } z=H, \quad (10)$$

$$\theta^*(\vec{r}, T) = \theta^*(\vec{r}, 0), \quad \vec{r} = (x, y, z). \quad (11)$$

Методы решения сопряженной задачи (6)-(11), в принципе, не отличаются от решения основной задачи, однако время берется в обратном направлении. Начальное значение времени составляет $t = T$ и продолжается в сторону убывания t . Задачу (6)-(11) можно свести к виду, свойственному основным уравнениям, заменой независимой переменной t на $t' = T - t$ и $u' = -u$, $v' = -v$, $w' = -w$.

На основе полученного решения $\theta^*(x, y, z, t)$ вычисляется полное количество субстанций, находящихся во взвешенном состоянии в области D за период времени $(0, T)$:

$$Y_D(\vec{r}) = Q \int_0^T \theta'(\vec{r}, t) dt$$

Введем функционал $Y_D^*(\vec{r}) = Q \int_0^T \theta'(\vec{r}_0, t) dt$, который параметрически зависит от местоположения $\vec{r}_0 \in D$ промышленного объекта в рассматриваемом регионе.

Из этого функционала определяем функцию

$$Y^*(\vec{r}) = \min_{\vec{r}_0 \in D} .$$

Точкой, минимизирующей $Y^*(\vec{r})$, будет \vec{r}_0 . Необходимо построить поле функции $Y_p^*(x, y, h)$, где h - высота выброса. В результате на плоскости (x, y) получаем поле изменений $Y^*(x, y, h) = \text{const}$ и определяем область D_0 , где выполняются санитарные нормы загрязнения.

По разработанной модели и соответствующему алгоритму разработан комплекс программ, позволяющий вычислить функционалы $Y_p^*(x, y, h)$, $Y(x, y, h)$, тем самым определить область размещения нового промышленного объекта с минимальным уровнем загрязнения.

Необходимо построить поле функции $Y_p^*(x, y, h)$, где h - высота выброса. В результате на плоскости (x, y) получено поле изменений $Y^*(x, y, h) = \text{const}$ и определена область D_0 , где выполняются санитарные нормы загрязнения.

По разработанной модели и соответствующему алгоритму разработан комплекс программ, позволяющий вычислить функционалы $Y_p^*(x, y, h)$, $Y(x, y, h)$, тем самым определить область размещения нового промышленного объекта с минимальным уровнем загрязнения.

Четвертая глава «Программное обеспечение для мониторинга и прогнозирования процесса распространения аэрозольных выбросов в атмосфере», состоящая из трех параграфов, посвящена описанию функциональных возможностей разработанных программных продуктов.

В первом параграфе приведены структура и функциональные возможности объектно-ориентированной программы «Аэрозоль», основное диалоговое окно которой представлено на рис. 2.

Содержание окна демонстрирует функциональные возможности программы: «Карта», «Ввод данных», «Расчет данных», область для чтения файлов и выбор географической карты данной местности.

Занесение данных

Название карты местности: Карта Ахингаранского далахи

Имя файла - карта местности: c:\atm16.bmp

Область исследования (км) по x: 300 км по y: 300 км по z: 300 м

Разделение на стрески по x: 21 по y: 21 по z: 6

Активная область по x: 1 до 21 по y от 1 до 21 по z от 1 до 6

I Показанию вещество:

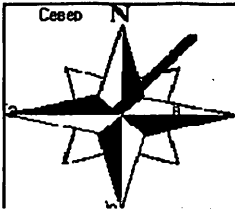
Высота пл. устьям: 1- 0.05 2- 16 3- 50 4- 100 5- 150 6- 250

Скорость ветра (м/с): 1.5

Направление ветра: 45

Период времени (час): 0.5

Длительная время для пикс: 1

Север 

Данные по источнику

Количество источников: 1

I Номер источника: 1

Распл. по X: 12

Расположение по Y: 11

Расположение по Z: 4

Мощность источника: 100

Рис. 2. Основное диалоговое окно для ввода данных программы «Аэрозоль»

Результаты проведенных численных расчетов могут быть представлены в виде изоповерхностей с разноцветными оттенками как в чистом поле, так и на фоне карты местности (рис. 3). Для последнего случая следует нажать функциональную кнопку «Карта» (рис. 1).

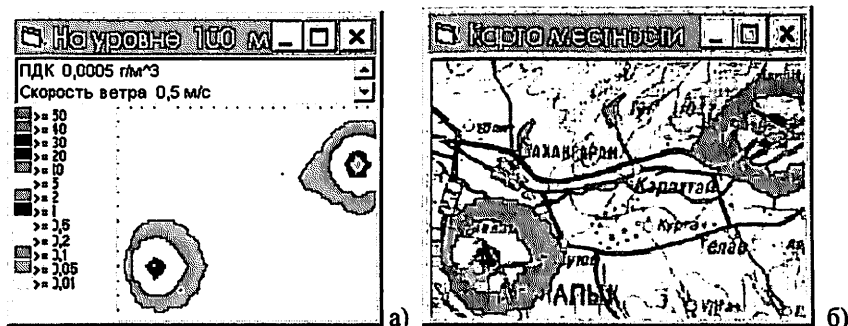


Рис. 3. Распространение концентрации вредных веществ: а - без карты местности; б - с картой местности

Предусмотрены также возможности представления результатов в соответствии с сеткой по высоте расчетной области, в вертикальном разрезе, а также в виде поверхностей при наличии нескольких источников вредных веществ с разными интенсивностями выброса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненных научно-исследовательских работ по теме докторской диссертации «Модели и алгоритмы систем мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы промышленных регионов» сводятся к следующим основным выводам:

1. Учет приведенных в работе факторов, в частности метеорологических характеристик в увязке с пограничным слоем и рельефом местности, позволяет разработать математические модели, которые адекватно описывают распространение аэрозольных выбросов в атмосферу.

2. Результатами вычислительного эксперимента выявлено, что основными факторами, которые действуют на процессы переноса и диффузии аэрозолей, являются скорость и направление потока воздуха, поглощение веществ атмосферой, массообмен между потоком и подстилающей поверхностью, мощности и координаты источников вредных веществ.

3. Вычислительный эксперимент показал, что рельеф местности определяет скорость и направление ветра, значения коэффициентов турбулентного обмена в местности. Определено, в частности, что над естественными возвышенностями перенос вредных веществ происходит интенсивно.

4. Выявлено, что максимальное поглощение вредных веществ происходит в утренние и вечерние часы суток. Именно этим фактором обусловлено суточное изменение концентраций вредных веществ, выбрасываемых промышленными объектами, в атмосфере.

5. Для оптимального размещения нового промышленного объекта в выделенном регионе разработаны математическая модель, для решения прямой и обратной задачи диффузии и переноса аэрозольных выбросов разработаны численные алгоритмы и доказана их двойственность.

6. Разработанное программное обеспечение позволяет использовать гидрометеорологическую и географическую информации в ходе вычислений и визуализировать результаты в динамическом режиме.

7. Разработанные модификации математической модели, численные алгоритмы и программные продукты использованы при изучении особенностей процесса распространения вредных веществ, выбрасываемых предприятиями промышленного района городов Алмалыка, Ахангарана и Ангрена, а также уноса солепылевых частиц из осушенного дна Аральского моря.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27.06.2017.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

SHARIPOV DALER KUCHKAROVICH

**MODELS AND ALGORITHMS OF INDUSTRIAL AREAS AIR
POLLUTION MONITORING AND PREDICTION SYSTEMS**

05.01.07 – Mathematical modelling. Numerical methods and software complexes

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

TASHKENT – 2017

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.PhD/T8

The dissertation has been prepared at the Tashkent University of Information Technologies.

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

Scientific adviser: **Ravshanov Normahmad**
doctor of technical sciences

Official opponents: **Qobulov Anvar Vosilovich**
doctor of technical sciences, professor

Normuradov Chori Begaliyevich
doctor of physical-mathematical sciences

Leading organization: **Samarkand state university**

The defense will take place "____" _____ 2017 at _____ the meeting of Scientific Council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str. 108. Tel.: (99871) 238-64-43, fax: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. ____). (Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str. 108. Tel.: (99871) 238-64-43, fax: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

Abstract of the dissertation sent out on "____" _____ 2017 y.
(mailing report No. ____ on "____" _____ 2017 y.).



R. Kh. Khamdamov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

F. M. Nuraliyev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences

M. A. Ismailov
Chairman of the academic seminar under
the scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The urgency and relevance of the dissertation topic. Intensive industrial and economic activity without taking into account the possibilities of nature and its evolution mechanisms, has now led us to necessity to address such acute problem as protecting water resources, earth depths and the whole environment from man-made factors and anthropogenic impact.

Analysis of data on the ecological state of the environment shows that the volume of harmful and carbon dioxide emissions into the atmosphere is increasing rapidly as a result of the growth in production capacities of industrial facilities, gas and oil transport systems, transport infrastructure enlargement.

It should be noted that the construction and start-up of industrial facilities without taking into account the sanitary norm of the atmospheric area completely violates the ecological balance of the certain region - the gassiness of the atmosphere increases, the subsequent precipitation of aerosol impurities in the form of "acid rain" reduces the yield and quality of agricultural products. Therefore, the problem of the optimal location of industrial facilities, taking into account the natural and ecological features of the territory, is extremely urgent.

The solving of this problem requires conducting a comprehensive study to predict the ecological state and the optimal location of industrial facilities, depending on the climatic factors that affect the process of the distribution of harmful substances in the atmosphere. The research is based on methods of mathematical modeling and computational experiment thought the instrumentality of actual information and communication technologies.

The aim of the research work is to develop adequate mathematical models, numerical algorithms and software for analyzing, monitoring and forecasting the ecological state of industrial regions, as well as for optimal location of industrial facilities, taking into account the process of the spread of harmful substances in the atmosphere.

The object of the research work is the non-stationary process of the distribution of harmful substances in the atmosphere, emitted from industrial facilities and other sources of pollution.

Scientific novelty of the research work

- new factors were introduced within the mathematical model of the process of the distribution of harmful substances in the surface boundary layer of the atmosphere: assimilation of harmful substances in the atmosphere with a daily cycle, mass exchange between the air flow and the underlying surface by deflationary particles, orography of the terrain;

- the mathematical model of the process with the application of real weather data, taking into account the change in wind speed and the coefficient of turbulent exchange in height was improved;

- there were developed effective computational algorithms for solving direct and conjugate problems which are describing the spread of harmful substances in the atmosphere, taking into account their maximum permissible concentration in

the considered region and allowing to determine the optimal location of new industrial facilities from an ecological point of view;

- there were revealed specific features of the process of the distribution of harmful substances in the atmosphere which are bound to wind speed and direction varying in the course of a day, changes in the coefficient of turbulent exchange in height, the variability of the coefficient of heat exchange between the air flow and the underlying.

Implementation of the research results

The obtained results were put into the educational process of National University of Uzbekistan and into activities of the Angren, Almalyk, Chirchik Inspectorates for Nature Protection as well as in Dzhizak and Samarkand Regional Nature Conservation Committees. The developed software was registered by Agency for Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan.

The outline of the thesis. The volume of the thesis is 114 pages typewritten text, illustrated by 37 drawings and 2 tables.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Равшанов Н., Шарипов Д.К. Конструктивная системная методология математического моделирования и вычислительного эксперимента в проблеме охраны окружающей среды. - Ташкент: Fan va texnologiya, 2013. - 152 с.
2. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К. Моделирование процесса распространения активных аэрозольных примесей в атмосфере // Доклады АН РУз. Сер. тех. наук. – Ташкент, 2003. – № 3. – С.48-51. (05.00.00; № 9.)
3. Равшанов Н., Шарипов Д.К. Модель и численный алгоритм для прогнозирования процесса распространения вредных веществ в атмосфере // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 2011. – № 4. – С. 18-25. (05.00.00; № 5.)
4. Равшанов Н., Шарипов Д.К. Исследование загрязнения окружающей среды Ахангаранского региона в зависимости от природно-климатических особенностей // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 2013. – № 5-6. – С. 33-37. (05.00.00; № 5.)
5. Шарипов Д., Ахмедов Д. Моделирование процесса переноса вредных веществ в атмосферу с учётом эрозии почвы // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 2015. – № 5. – С. 23-31. (05.00.00; № 5.)
6. Равшанов Н., Шарипов Д.К., Мурадов Ф.А. Вычислительный эксперимент для прогнозирования и мониторинга экологического состояния промышленных регионов // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 2016. – № 3. – С. 35-42. (05.00.00; № 5.)
7. Ravshanov N., Sharipov D.K., Narzullaeva N., Toshmireva N. Online servers application for mathematical and computer modelling of spread of harmful substances in the atmosphere // Scientific - technical and information-analytical journal «TUIT BULLETIN». – Tashkent, 2016. – № 1 (37). – Pp. 40-48. (05.00.00; № 10.)
8. Равшанов Н., Шарипов Д.К. Программный комплекс с использованием онлайн сервисов для моделирования распространения вредных веществ в атмосфере // Научно-технический журнал «Информационные технологии моделирования и управления». - Воронеж, 2016. – № 1 (97). – С. 4-11. (05.00.00; № 43.)
9. Шарипов Д.К., Хафзов О.Я. Математическая модель и вычислительный эксперимент для исследования переноса и диффузии солепылевых частиц из осушенной части Аральского региона с учетом природоохранных мероприятий // Научно-технический журнал «Информационные

- технологии моделирования и управления». – Воронеж, 2015. - № 2(92). - С. 150-158. (05.00.00; № 43.)
10. Равшанов Н., Шарипов Д.К., Ахмедов Д. Моделирование процесса загрязнения окружающей среды с учетом рельефа местности и погодноклиматических факторов // Научно-технический журнал «Информационные технологии моделирования и управления». - Воронеж, 2015. – № 3 (93). – С. 222-233. (05.00.00; № 43.)
11. Равшанов Н., Шарипов Д.К., Тоштемирова Н.Н. Математическая модель для контролирования санитарной нормы региона и оптимального размещения новых промышленных объектов // Научно-практический журнал «Отраслевые аспекты технических наук». – Москва, 2012. – № 6 (18). – С. 5-9. (05.00.00; № 60.)

II бўлим (II часть; II part)

12. Ravshanov N., Sharipov D.K., Muradov F. Computational experiment for forecasting and monitoring the environmental condition of industrial regions // International Scientific Journal «Theoretical & Applied Science». – 2016. – Vol. 35. – Issue 3. – Pp. 132-139.
13. Sharipov D.K. Developing of model and web application for forecasting of ecological state of the atmosphere // International Scientific Journal «Theoretical & Applied Science». – 2016. – Vol. 40. – Issue 8. – Pp. 58-69.
14. Sharipov D.K. A Mathematical Model and Computational Experiment for the Study and Forecast of the Concentration of Harmful Substances in the Atmosphere // American Journal of Computation, Communication and Control. - 2016. – № 2(6). - Pp. 48-54.
15. Sharipov D.K. Development of mathematical software aerosol transport and diffusion of the atmospheric emissions // Jurnal «European Applied Sciences», ORT Publishing. - Stuttgart, Germany, 2013. - № 1. - Pp. 233-240.
16. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К. Математическая модель сложного нестационарного процесса распространения вредных веществ в атмосфере // Известия ВУЗов. Технические науки. - Ташкент, 2001. - № 2-4. - С.12-15.
17. Абуталиев Ф.Б., Шарипов Д.К. Программное средство распределения вредных веществ в атмосфере // Проблемы алгоритмического программирования: Тез. докл. Респ. конференции. - Ташкент, 2000. - С. 8.
18. Насриддинов И.Х., Шарипов Д.К. Использование математических методов в моделировании природно-экологических задач // Соғлом авлод ва экология муаммолари: Тез. докл. Респ. конференции. - Ангрен, 2000. - С. 109-110.
19. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К. Математическая модель загрязнения атмосферы активными аэрозольными выбросами // Современные проблемы механики: Тез. докл. Респ. конференции. - Ташкент, 2001. - С. 83-85.

20. Abutaliev F.B., Karimberdieva S., Sharipov D.K. The mathematical modeling of process of aerosols' spreading in the atmosphere // АЭРОЗОЛИ Сибири. VIII Рабочая группа: Тез. докл. Томск, 2001. - С. 109-110.
21. Шарипов Д.К. Численное решение уравнения переноса и диффузии / Алгоритмы: Сб. науч. тр. – Ташкент: ИК АН РУз, 2002. - вып. 88. - С. 146-158.
22. Каримбердиева С., Шарипов Д.К. Численный алгоритм и комплекс программ для решения задач переноса и диффузии в атмосфере // Материалы 2-й Российской конференции молодых ученых по математическому моделированию. 24-26 апреля 2002. - Калуга, 2002. - С. 25.
23. Шарипов Д.К. Математическая модель для оптимального размещения промышленных объектов при изменении скорости ветра по времени // Математическое моделирование и информационные технологии: Тез. докл. Международной конференции молодых ученых. - Новосибирск, 2002. - С. 42.
24. Шарипов Д.К. Разработка математической модели, численный алгоритм и программный комплекс для решения основной и сопряженной задач / Алгоритмы: Сб. науч. тр. - Ташкент: ИК АН РУз, 2003. – вып. 90. - С.14-19.
25. Шарипов Д.К. Разработка математической модели для исследования распространения выбросов от промышленных площадок // Математическое моделирование и информационные технологии: Тез. докл. IV Всероссийской конференции молодых ученых. – Красноярск, 2003. - С. 52-53.
26. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К. Программно-инструментальная система для прогнозирования и управления распространением аэрозолей в атмосфере // Актуальные проблемы математики и ее приложения: Материалы Межд. науч. конф. - Худжанд, 2003. – С. 18-19.
27. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К. Распространение солепылевых частиц от осушенной зоны Аральского моря // Математическое моделирование экологических систем: Тез. докл. Межд. конф. – Алматы, 2003. - С. 73.
28. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К. Прогнозирование распространения вредных веществ в атмосфере с помощью разработанного программного комплекса // Таълим тизимида янги технологияларнинг қўлланиши: Республика илмий конференция маърузалари. II-қисм. 29-30 май 2004. - Ангрен, 2004. - С. 181-182.
29. Равшанов Н., Шарипов Д.К., Абдурахмонов Б. Моделирование технологии фильтрации ионизированных растворов и защита экосистем от источников загрязнения // Совместный выпуск Узбекского журнала «Проблемы информатики и энергетики» и сборника научных трудов «Вопросы вычислительной и прикладной математики» по материалам Рес.

- научно-технической конференции «Моделирование и управление в реальном секторе экономики». – Ташкент, 2008. – С. 216-219.
30. Равшанов Н., Шарипов Д.К., Джапарова Р.К. Усовершенствованная математическая модель и численный алгоритм для исследования и прогнозирования процесса распространения вредных веществ в атмосфере // Вопросы вычислительной и прикладной математики: Сб. науч. тр. – Ташкент: ЦРППиАПК при ТУИТ, 2011. - вып. 126. - С. 89-102.
31. Равшанов Н., Шарипов Д.К., Хамдамова Р. Модель и численный алгоритм для исследования процесса распространения вредных веществ в атмосфере // Актуальные вопросы технических наук: Материалы междунар. конф. Июль 2011. – Пермь: Меркурий, 2011. – С. 20-27.
32. Абуталиев Ф.Б., Равшанов Н., Шарипов Д.К. Усовершенствованная модель и ее информационно-программное обеспечение для исследования процесса распространения вредных веществ в атмосфере // Проблемы повышения качества подготовки кадров для отраслей связи и информатизации: Сб. докл. научно-методической конференции Ташкентского университета информационных технологий и его филиалов. - Ташкент, 2012. - С. 149-150.
33. Шарипов Д.К., Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С. Программа прогноза экологического состояния промышленных регионов «Aerozol» // Государственное патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 00472. 14.12.2001 г.
34. Шарипов Д.К., Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ: Программа прогноза экологического состояния промышленных регионов «Aerozol-2» // Государственное патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 00743. 20.20.2004 г.
35. Равшанов Н., Шарипов Д.К. Программный комплекс «Эколог-проект» для анализа экологического состояния местности и оптимального размещения промышленных объектов в регионе // Государственное патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 02368. 30.11.2011 г.
36. Ravshanov N., Sharipov D.K., Axmedov D. «Эко-мониторинг» dasturi // O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma № DGU 03424. 05.12.2015 й.
37. Ravshanov N., Sharipov D.K., Tashtemirova N. Sanoat regionlarining ekologik holatini bashoratlash va monitoring qilish uchun «Эко-контроль» dasturi // O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma № DGU 03438. 05.12.2015 й.

Автореферат "Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари" илмий-амалий ва ахборот таҳлилий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус тилларидаги матнларини мослиги текширилди (28.06.2017 й.).

Бичими 60x84¹/₁₆. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи: 2,5. Адади 100. Буюртма № ____.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.