

ISSN 2181-6883

PEDAGOGIK MAHORAT

Ilmiy-nazariy va metodik jurnal

**MAXSUS SON
(2021-yil, dekabr)**

Jurnal 2001-yildan chiqa boshlagan

Buxoro – 2021

PEDAGOGIK MAHORAT

Ilmiy-nazariy va metodik jurnal 2021, maxsus son

Jurnal O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi OAK Rayosatining 2016-yil 29-dekabrda qarori bilan **pedagogika** va **psixologiya** fanlari bo'yicha dissertatsiya ishlari natijalari yuzasidan ilmiy maqolalar chop etilishi lozim bo'lgan zarurii nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2001-yilda tashkil etilgan.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyat matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2016-yil 22-fevral № 05-072-sonli guvoohnoma bilan ro'yxatga olingan.

Muassis: Buxoro davlat universiteti

Tahririyat manzili: O'zbekiston Respublikasi, Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy
Elektron manzil: ped_mahorat@umail.uz

TAHRIR HAY'ATI:

Bosh muharrir: Adizov Baxtiyor Rahmonovich – pedagogika fanlari doktori, professor

Bosh muharrir o'rinbosari: Navro'z-zoda Baxtiyor Nigmatovich – iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Mas'ul kotib: Hamroyev Alijon Ro'ziqulovich – pedagogika fanlari doktori (DSc), dotsent

Xamidov Obidjon Xafizovich, iqtisodiyot fanlari doktori

Begimqulov Uzoqboy Shoyimqulovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Mahmudov Mels Hasanovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Ibragimov Xolboy Ibragimovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Yanakiyeva Yelka Kirilova, pedagogika fanlari doktori, professor (N. Rilski nomidagi Janubiy-G'arbiy Universitet, Bolgariya)

Qahhorov Siddiq Qahhorovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Mahmudova Muyassar, pedagogika fanlari doktori, professor

Kozlov Vladimir Vasilyevich, psixologiya fanlari doktori, professor (Yaroslavl davlat universiteti, Rossiya)

Chudakova Vera Petrovna, psixologiya fanlari nomzodi (Ukraina pedagogika fanlari milliy akademiyasi, Ukraina)

Tadjixodjayev Zokirxo'ja Abdusattorovich, texnika fanlari doktori, professor

Amonov Muxtor Raxmatovich, texnika fanlari doktori, professor

O'rayeva Darmonoy Saidjonovna, filologiya fanlari doktori, professor

Durdiyev Durdimurod Qalandarovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Mahmudov Nosir Mahmudovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Olimov Shirinboy Sharopovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Qiyamov Nishon Sodiqovich, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor

Qahhorov Otabek Siddiqovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

MUNDARIJA

Hamza ESHANKULOV, Ubaydullo ARABOV. Asinxron parallel jarayonlarni petri to'ri orqali modellashtirish	7
Ozodjon JALOLOV, Ixtiyor YARASHOV. Matematika mobil ilovasi	15
Tursun SHAFIYEV, Farrux BEBUTOV. Zararli moddalarning atmosfereda ko'chishi va diffuziyasi jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillarni sonli tadqiq qilish.....	19
J. JUMAYEV. Ikkinchi tartibli chiziqlar mavzusini mathcad matematik paketi yordamida o'qitish	26
Ozodjon JALOLOV, Shohida FAYZIYEVA. Lagranj interpolyatsion ko'phadi uchun algoritmi va dastur yaratish.....	32
Samandar BABAYEV, Nurali OLIMOV, Mirjalol MAHMUDOV. $W_2, \sigma_2, 1(0,1)$ Hilbert fazosida optimal interpolyatsion formulaning ekstremal funksiyasini topishning metodologiyasi	35
Жура ЖУМАЕВ, Мархабо ТОШЕВА. Методика для исследования конвективной теплопроводности вблизи вертикального источника	39
Озоджон ЖАЛОЛОВ, Хуршиджон ХАЯТОВ, Мехринисо МУХСИНОВА. Об одном погрешности весовых кубатурных формул в пространстве $\tilde{C}^{(m)}(T_n)$	44
H.Sh. Rustamov. D.H. Fayziyeva/ Dasturlashtirilgan o'qitishning didaktik asoslari.....	47
G.K.ZARIPOVA. O.R.HAYDAROV. F.R.KARIMOV. Bo'lajak informatika fani o'qituvchilarini tayyorlashda raqamli texnologiyalarni tatbiq etish tendensiyasini takomillashtirish	52
Hamza ESHANKULOV, Aslon ERGASHEV. Iqtisodiy boshqaruv qarorlarini qabul qilishda business intelligence tizimlarining ustunlik jihatlari	58
Xurshidjon XAYATOV. Fazliddin JUMAYEV, WEB sahifada CSS yordamida o'tish effektlaridan foydalanish	63
Xurshidjon XAYATOV, Dilshod ATOYEV. MAPLE matematik tizimning grafik imkoniyatlari	67
Zarif JO'RAYEV, Lola JO'RAYEVA. Gibril algoritmlar asosida tashxis qo'yish masalasini yechish.....	72
Nazokat SAYIDOVA, Yulduz ASADOVA, Mehriniso ABDULLAYEVA. Photoshop dasturida yaratiladigan elektron qo'llanmalarining ahamiyati	78
Gavhar TURDIYEVA, Adiz SHOYIMOV. Elektron kafedrani shakllantirishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning ahamiyatli tomonlari	83
Shafolat IMOMOVA. Blockchain va uning axborot xavfsizligiga ta'siri.....	88
Zarif JO'RAYEV, Lola JO'RAYEVA. Immun algoritmlari yordamida tashxis qo'yish masalasini yechish..	91
Гулсина АТАЕВА. Анализ программ для обеспечения информационной безопасности	96
Бехзод ТАХИРОВ. Программные приложения для коммерческих предприятий и их значение.....	101
Lola YADGAROVA, Sarvinoz ERGASHEVA. Age of modern computer technologies in teaching english language	106
Hakim RUSTAMOV, Dildora FAYZIYEVA. Axborot xavfsizligi sohasida turli parametrlarga asoslangan autentifikatsiya usullari	111
Furqat XAYRIYEV. Loyihalarni boshqarishda "agile" yondashuvi	116
X.Ш. РУСТАМОВ, М.А. БАБАДЖАНОВА. Работа со строковыми величинами на языке программирования python	119
Sulaymon XO'JAYEV. O'zbekistonda axborot xavfsizligi.....	125
Farhod JALOLOV, Shohnazar SHAROPOV. Axborot kommunikatsion texnologiyalarning zamonaviy ta'lim va axborotlashgan jamiyatdagi o'rni	130
F.R.KARIMOV. Effektiv kvadratur formulalar qurish metodlari	133
Sarvarbek POLVONOV, Alibek ABDUAKHADOV, Jamshid ABDUG'ANIYEV, G'ulomjon ELMURATOV. Some algorithms for reconstruction ct images	140
Gulnora BO'RONOVA, Feruza MURODOVA, Feruza NARZULLAYEVA. Boshlang'ich sinflarda lego digital designer simulyatsiya muhitida o'ynash orqali robototexnika elementlarini o'rgatish	144
Firuz MURADOVA. Modern digital technologies in education opportunities and prospects	148
Ziyomat SHIRINOV. C# dasturlash tilidagi boshqaruvni ketma-ket uzatishni amaliy o'rganish.....	154
Istam SHADMANOV, Marjona FATULLAYEVA. Modeling of drying and storage of agricultural products under the influence of natural factors	157
M.Z.XUSENOV, Lobar SHARIPOVA. Kimyo fanini o'qitishda Vr texnologiyasini qo'llash	164
Feruz KASIMOV. 9-sinf o'quvchilari uchun aralash ta'lim shaklida informatika va axborot texnologiyalar fani dasturlash asoslari bo'limini o'qitishning o'ziga xos xususiyatlari	167
Умиджон ХАЙИТОВ. Информационные и коммуникационные технологии в активизации познавательной деятельности учащихся	172

Husniddin JO‘RAYEV, Feruz KASIMOV. Vizual o‘quv vositalaridan foydalangan holda dasturlash asoslarini o‘qitish metodikasi	179
Суҳробжон САЛИМОВ. Информационная безопасность в системах открытого образования	184
Gulnora BO‘RONOVA, Zuhro ADIZOVA. Umumiy o‘rta ta‘lim maktablari robototexnika to‘garaklarida arduino-uno dasturidan foydalanish	190
Г. Б.МУРОДОВА. Использование интернет – технологий в образовательном процессе	195
G.B.MURODOVA. Bulutli texnologiyalar axborot – kommunikatsiya texnologiyalarining zamonaviy yo‘nalishi sifatida	200
Nozimbek ZARIPOV. Dasturlash tillarini o‘quvchilarga o‘qitishning metodik asoslari	204
G.H. TO‘RAYEVA. Ta‘limni raqamli muhitga moslashtirish sharoitida axborot texnologiyalarini o‘rganishning zamonaviy usul va vositalari	207
Firuz NURULLOYEV. O‘rta ta‘lim maktablarida ta‘lim boshqaruvini yangi bosqichga olib chiqish imkoniyatlari	211
Махсума ИСМОИЛОВА, Лобар КАРИМОВА. Характеристики кибернетической революции в развитии и применении биотехнологий	214
Hakim ESHONQULOV. Ontologiyalar aqlli tizimlarning interfeyslari sifatida	219
Jamshid ATAMURADOV, Sunnatullo FARMONOV. Qiyin tushuniladigan yoki tasavvur orqali o‘rganiladigan fanlarning vr texnologiyalari orqali yanada yaxshiroq yoritib berish imkoniyatlari	225

Tursun SHAFIYEV
Buxoro davlat universiteti
dotsenti

Farrux BEBUTOV
Buxoro davlat universiteti
amaliy matematika mutaxassisligi
2-bosqich magistri

ZARARLI MODDALARNING ATMOSFEREDA KO'CHISHI VA DIFFUZIYASI JARAYONIGA TA'SIR ETUVCHI ASOSIY OMILLARNI SONLI TADQIQ QILISH

Atmosfera zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi jaryonini monitoring qilish va bashoratlash uchun yaratilgan matematik model ishlab chiqilgan. Ishlab chiqilgan matematik model atmosfera havosiga tashlanayotgan zararli moddalarning fizik-mexanik xususiyatlariga ko'ra o'zgaruvchan tezliklarini inobatga olgan holda kompyuterda hisoblash tajribalarini o'tkazish imkonini beruvchi dasturiy majmua ishlab chiqilgan. Ushbu dasturiy majmua ishlab chiqarish obyektlari hududlarining ekologik holatini tahlil qilish, monitoring qilish va bashoratlash uchun hisoblash tajribalarini o'tkazish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: dasturiy vosita, zararli modda, hisoblash tajribasi, monitoring va bashoratlash.

Разработана математическая модель для мониторинга и прогнозирования миграции и распространения вредных веществ в атмосфере. Разработанная математическая модель представляет собой набор программного обеспечения, позволяющего проводить вычислительные эксперименты на компьютере с учетом переменных скоростей выбрасываемых в атмосферу вредных веществ в соответствии с их физико-механическими свойствами. Этот программный комплекс позволяет проводить вычислительные эксперименты для анализа, мониторинга и прогнозирования экологического состояния производственных площадей.

Ключевые слова: программное обеспечение, вредоносное ПО, опыт вычислений, мониторинг и прогнозирование.

A mathematical model has been developed to monitor and predict the migration and diffusion of harmful substances in the atmosphere. The developed mathematical model is a set of software that allows you to perform computational experiments on a computer, taking into account the variable velocities of harmful substances emitted into the atmosphere according to their physical and mechanical properties. This software package allows you to perform computational experiments to analyze, monitor and predict the environmental condition of production areas.

Key words: software, malware, computing experience, monitoring and forecasting.

Kirish. Jahonda mamlakatlar iqtisodiyotining rivojlanishi baravarida, respublikamiz iqtisodiyotining ham barcha sohalarida yaxshi o'zgarishlar amalga oshirilayotganligi ko'zga yaqqol tashlanib kelmoqda. Bunday o'zgarishlarni jamiyat va iqtisodiyotning avtomobilsozlik, oziq-ovqat, yengil sanoat, uy-joy, kommunal xizmatlar va boshqa barcha sektorlarida ko'rishimiz mumkin. Albatta, mamlakat rivojlanishi xalqning farovon hayotini ta'minlab beruvchi asosiy omillaridan biri hisoblanadi, ammo texnologik jarayonlarning rivojlanishi, ishlab chiqarish hajmini oshirish sezilarli miqdorda tabiatga, ya'ni ekologiya va atrof-muhitga o'z ta'sirini o'tkazadi. Ishlab chiqarishning tabiatga zarar keltirishini bugungi kunda AQSH, Hindiston, Xitoy, Rossiya kabi iqtisodiyoti rivojlangan davlatlar misolida ko'rishimiz mumkin.

Atmosfera havosining ifloslanishi dunyodagi barcha kasallik va o'limlarning asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining statistik ma'lumotlariga qaraganda, 2016-yilda dunyoda 4.2 million erta o'limlarning sabablari atmosfera havosining ifloslanishi bilan bog'liq. Atmosfera havosining zararli moddalar bilan ifloslanishi yurak, qon-tomir tizimlari, o'pka surunkali kasalliklari, o'pka saratoni va bolalarda o'tkir-respirator kasalliklarini keltirib chiqaradi.

Asosiy qism. Atmosfera havosidagi zararli moddalar inson organizmiga asosan nafas olish yo'llari bilan kirib keladi. Bu zararli moddalarning eng kuchli ta'sirga egalari - qattiq zarrachalar, ozon (Oz), azot dioksidi(NO₂) va oltingugurt oksidi (SO₂) kabi zararli moddalar hisoblanadi.

Atmosfera havosiga nafaqat zararli moddalar, shuningdek, chang zarrachalarining ko'chishi ham uning sifatiga ta'sir qiladi. Cho'llar, tog'-kon obyektlaridagi rudalarni tashish, Orol dengizining qurib qolgan qismidan tuzli qum maydonlaridan chang zarrachalarining ko'chishi ekologiya va atrof-muhitga sezilarli darajada ta'sir o'tkazib kelmoqda.

Yuqorida keltirilgan fikrlarni inobatga olgan holda, ekologiya va atrof-muhit doimiy ravishda himoyada bo'lishi, atmosferaga tashlanayotgan zararli moddalarning monitoringi, ularning turli iqlim parametrlariga mos tarqalishini bashoratlash, shuningdek, yangi qurilayotgan ishlab chiqarish, sanoat obyektlarini joylashtirishni loyihalashtirish, ular tomonidan ona tabiatga yetkazilishi mumkin bo'lgan zararlarning oldini olish hamda baholash bugungi kunning dolzarb muammolaridan hisoblanadi.

Ekologiya va atrof-muhitning ifloslanishi, shu jumladan, atmosferaga zararli moddalarning tarqalishi va diffuziyasi jarayonlari bir nechta omillarga bog'liq. Ya'ni u qaralayotgan zararli modda turi, uning fizik-mexanik xususiyatlari, atmosferaning turg'unlik holati, zararli moddalarning atmosferada yutilish koeffitsienti, shamol tezligi va yo'nalishi, obyekt joylashgan hudud ob-havosi, iqlim sharoiti kabi omillarni o'z ichiga oluvchi juda murakkab jarayondir. Atmosferada zararli moddalarning tarqalishi va diffuziyasi jarayonini bashoratlash, monitoring qilish va baholashda yuqorida aytib o'tilgan omillarning qancha ko'p hisobga olinsa, o'tkazilgan tadqiqotlar shunchalik darajada reallikka mos keladi.

Shu sababli, hozirgi kunda zararli moddalarning atmosferada tarqalishi va diffuziyasi jarayonini tadqiq qilish uchun matematik modellashtirishdan foydalanish maqsadga muvofiq. Matematik modellashtirish yordamida sanoat obyektining ishlashi yoki shu obyektini loyihalashtirish jarayonida qaralayotgan hudud atmosferasida tashlanayotgan zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi holatini kompyuterda imitatsiya qilish mumkin. Bu usul muhandislar uchun ham ekologik, ham iqtisodiy jihatdan ancha qo'l keladi.

Yaratilgan matematik modellar va hisoblash algoritmlari yordamida kompyuter uchun dasturiy majmua yaratilib, monitoring qilish, bashoratlash va baholash ishlarini avtomatlashtirish mumkin. Hozirgi vaqtda axborot-kommunikatsion texnologiyalarning rivojlanishi natijasida ushbu avtomatlashtirilgan dasturlar yordamida doimiy ravishda ma'lumotlarni yangilab borish, mas'ul tashkilotlarda ekologik muhitni yaxshilash maqsadida boshqaruv qarorlarini qabul qilishda yordam beradi.

Bugungi kunda zararli moddalarning atmosferada ko'chishi va diffuziyasi jarayonlarini modellashtirishga tegishli ishlar bilan dunyoning yetakchi olimlari tomonidan juda keng ko'lamdagi ishlar olib borilyapti. Yaratilgan matematik modellar asosida bir necha davlatlar doirasidagi standartlar, dasturiy majmualar yaratilgan bo'lib, bu model va dasturlar hozirgi kunda takomillashtirilib borilmoqda.

Atmosferaga tashlanayotgan zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi jarayolarini hozirgacha dunyoning ilg'or mamlakatlarida yetakchi olimlar asos solgan ilmiy maktablarda tadqiq qilib kelinmoqda. Sohoni chuqur o'rganishda sobiq Ittifoq davlatlari va xorijiy olimlardan Y.P.Mednikov, M.E.Berlyand, G.A.Marchuk, A.E.Aloyan, I.E.Naas, V.I.Naas, W.C.Reynolds, Zannetti, W.J.Layton, shu jumladan mamlakatimiz olimlari F.B.Abutaliyev, S.K.Karimberdiyeva, M.L.Arushanov, N.Ravshanov va boshqalar o'zlarining salmoqli hissalarini qo'shishgan.

Atmosferada zararli moddalarning tarqalishi va diffuziyasi qaralayotgan hududning gidrometeorologik sharoitlariga, hudud orografiyasining bir xil emasligi, zararli moddalarning fizik-mexanik xususiyatlariga, shamol tezligi va yo'nalishiga, atmosferada zararli zarrachalarning yutilish koeffitsientiga, zarrachalarning cho'kish tezligiga, balandlikka mos ravishda turbulentslik koeffitsientining o'zgarishiga va shu kabi boshqa ta'sir etuvchi omillarga bog'liq bo'ladi.

Ishlab chiqilgan matematik modellar uchun analitik yoki sonli usullar yordamida unga hisoblash algoritmi tuziladi. Tuzilgan hisoblash algoritmi yordamida kompyuterda biror bir dasturlash tillari asosida maxsus dasturiy majmua yaratiladi. Yaratilgan ushbu uchlik – "matematik model - sonli algoritm – dasturiy majmua" zararli moddalarning atmosferada ko'chishi va diffuziyasi masalasini monitoring qilish va bashoratlash uchun samarali vosita hisoblanadi. Bu turdagi uchlik komplekslar ushbu sohada ilmiy izlanish olib borgan va samarali natija olgan ko'pchilik mualliflarning ishida batafsil yoritilgan [1, 141–183; 2, 58–62; 3, 149–156; 4, 196–198].

Atmosferada tarqalayotgan zarrachalarning ko'chishi va diffuziyasining asosiy tenglamalari – aralashmalarning ko'chish tenglamasi, moddalarning doimiy tarqalish tenglamasi, diffuzion yaqinlashish, og'ir aerozollarning ko'chishi va diffuziyasi hamda atmosferada turbulent harakatning strukturasi va uni modellashtirish G.I.Marchukning ishida [5, 37] keltirilgan. Muallif o'z ishida diffuziya tenglamasidagi shamol tezligining o'qlarida tashkil etuvchilarini vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchan funksiya ko'rinishi bilan bog'laydi.

Atmosferada zararli moddalarning ko'chishi va diffuziya jarayoniga tegishli matematik modellar tahlili va ularni takomillashtirish masalasini A.E.Aloyanning ishlarida [6, 50–54; 7, 10–52] ham ko'rishimiz mumkin. Muallif atmosferaga tashlanayotgan zararli zarrachalarning ko'chishi va diffuziyasi jarayonlarini turbulent atmosferada bo'lganligi sababli, masalaning yechimi sifatida gidrodinamika modellari yordamida ifodalashni tavsiya etadi. Gidrodinamikaning asosiy tenglamalari Nave-Stoks, Reynolds tenglamalari, issiqlik oqimi va namlik tenglamalari, shuningdek, vertikal turbulent almashinish ($k - \varepsilon$ modeli) koeffitsientini hisoblash uchun samarali sonli algoritm ishlab chiqilgan.

Tuproq eroziyasini hisobga olgan holda atmosferada tuz-chang aerozollarining tarqalishini modellashtirish masalasi [8, 6]da ko'rib chiqilgan. Shamol eroziyasi natijasida tuproqdan havoga ko'tarilgan qattiq zarralar miqdoriga ta'sir qiluvchi omillar o'rganilgan. Atmosferadagi havo massasining harakatlanish tezligi, zarrachalarning kattaligi va zichligiga, shuningdek, boshqa ta'sir etuvchi kuchlarning qiymatlari asosida tuproq eroziyasi jarayonini o'rganish uchun hisob-kitoblar keltirilgan. Olingan sonli hisob-kitoblar yordamida tuproq eroziyasi jarayonida muhim rol o'ynaydigan asosiy parametrlar tahlili keltirib o'tilgan.

Sanoat obyektlarini sanitariya normalari asosida optimal joylashtirish masalasining matematik modeli [9, 1–7] maqolada o‘rganib chiqilgan. Atmosferadagi zararli moddalarning ko‘chishi va tarqalish jarayonining adekvat matematik modelini ishlab chiqish uchun mualliflar jarayonga ta’sir etuvchi havo massasining noqulay ob-havo sharoitlarida atmosferada zararli moddalar konsentratsiyasiga sezilarli darajada ta’sir etuvchi tuproq eroziyasi, vaqtga nisbatan o‘zgaruvchan havo oqimi, atmosferaning turg‘un va noturg‘un stratifikatsiya holatida diffuziya va vertikal turbulentslik koefitsientlarining o‘zgaruvchanligi, vaqt o‘tishi va mintaqaning orografiyasi tufayli shamol yo‘nalishining o‘zgarishi, yer sathining xususiyatlariga bog‘liq bo‘lgan o‘zaro ta’sir koefitsientining o‘zgaruvchanligi kabi omillarni tadqiq qilishgan.

Atmosferada zararli moddalarning ko‘chishi va diffuziyasi jarayonlarini modellashtirishga bag‘ishlangan ilmiy tadqiqotlarning tahlili shuni ko‘rsatmoqdaki ishlarda, birinchidan, zarrachalarning fizik-mexanik xususiyatlaridan kelib chiqib atmosferada ko‘chish tezligining vaqtga bog‘liq ravishda o‘zgarishi hisobga olinmagan, ikkinchidan, manbalardan tashlanayotgan zararli moddalar yechilayotgan masalaning chegaralaridan chiqib ketmaydi, deb olingan, uchinchidan, yechilayotgan masalaning chegaralaridan kiruvchi va chiquvchi zararli moddalar bo‘lmaydi, deb qaralgan.

Muhokamalar va natijalar. Yuqorida tahlil qilingan ilmiy manbalarda keltirilgan ishlardan farqli ravishda gidromexanikaning qonuni asosida uch o‘lchovli xususiy hosilali differensial tenglamalar yordamida qaralayotgan zararli modda zarrachalarining yo‘nalishlar bo‘yicha tezliklarini inobatga olgan holda atmosferada zararli moddalarning ko‘chish va diffuziyasi jarayonlarini quyidagicha matematik modelini taklif etamiz [10, 1-7; 11, 279-284; 12, 69-84]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u_u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v_u \frac{\partial \theta}{\partial y} + w_u \frac{\partial \theta}{\partial z} + \sigma \theta = \mu \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \delta Q, \quad (1)$$

$$m \frac{du_u}{dt} = 3\pi\eta d_u (u - u_u), \quad (2)$$

$$m \frac{dv_u}{dt} = 3\pi\eta d_u (v - v_u), \quad (3)$$

$$m \frac{dw_u}{dt} = 3\pi\eta d_u (w - w_u) - mg \quad (4)$$

va ularga mos ravishda boshlang‘ich va chegaraviy shartlar:

$$\theta|_{t=0} = \theta^0; \quad u_u|_{t=0} = u_u^0; \quad v_u|_{t=0} = v_u^0; \quad w_u|_{t=0} = w_u^0; \quad (5)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_g - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_g - \theta); \quad (6)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_g - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_g - \theta); \quad (7)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = \beta \theta; \quad \kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=H_z} = \xi(\theta_g - \theta). \quad (8)$$

Bu yerda θ - tarqalayotgan zararli modda konsentratsiyasi; u_u, v_u, w_u - zararli moddalarning yo‘nalishlar bo‘yicha tezliklari; u, v, w - shamolning yo‘nalishlar bo‘yicha tezliklari; θ^0 - atmosfera havosidagi zararli moddalarning boshlang‘ich konsentratsiyasi; σ - atmosferadagi zararli moddalarning yutilish koefitsienti; δ - Dirak funksiyasi; g - erkin tushish tezlanishi; μ - diffuziya koefitsienti; β - yer sathi bilan ta’sirlashish koefitsienti; Q - manbalarning quvvati; κ - turbulentslik koefitsienti; ξ - hisob chegarasi orqali tashqi muhit bilan massa almashinuv koefitsienti; θ_g - masala yechimi sohasidan tashqaridagi zararli moddalarning konsentratsiyasi.

Shuni ta’kidlash kerakki, (1)-(4) masalalarning qo‘yilishida va ularga tegishli (5)-(8) boshlang‘ich va chegaraviy shartlar asosida atmosferada havo oqimi natijasida zararli moddalarning konvektiv ko‘chishi, molekulyar va turbulent diffuziyasi hisobida atmosferada zararli moddalarning tarqalishi va atmosfera havosidagi namlik hisobida zararli moddalarning yutilishi kabi fizik jarayonlarni ko‘rishimiz mumkin.

Atmosfera havosiga ishlab chiqarish obyektlari tomonidan tashlanayotgan zararli moddalarning ko‘chish jarayonini tadqiq qilishga bag‘ishlangan ishlardan farqli ravishda (1) tenglamadagi u_u, v_u, w_u zarrachalarning x, y, z yo‘nalishda tezliklari o‘zgaruvchan deb qaraldi. Zarrachalar tezliklarining o‘zgarishini ularning fizik-mexanik xususiyatlari - massasi, zarrachaning diametri, erkin tushish tezlanishi va muhitning dinamik yopishqoqligini hisobga olgan holda (2)-(4) tenglamalar va ularga mos ravishda (5) boshlang‘ich shart yordamida ifodalangan.

(1)-(4) masalani yechish uchun keltirilgan (5)-(8) chegaraviy shartlar atmosfera havosida zararli moddalarning tarqalishining matematik modellashtirishga bag'ishlangan tadqiqot ishlaridan farqli ravishda, ularga "kiruvchi" va "chiquvchi" zararli moddalarning oqimlari ham inobatga olingan. Zararli moddalarning vaqtga bog'liq ravishda yer yuzasiga cho'kishi oqibatida yer bilan ta'sirlanish koeffisienti mavjud bo'lib, bu koeffisient zararli moddaning yerga tushishi oqibatida uning keyinchalik yana tarqalishi yoki yutilib ketishini aniqlashda yordam beradi.

Zararli moddalar ularning fizik-mexanik xususiyatlari va atrof-muhitning sharoitlariga qarab turli masofada turli xil yuzaga kelib qo'nishi mumkin. Shu sababli, β ning qiymatini doimiy ravishda o'zgarimas deb olish maqsadga muvofiq emas [13, 45-60]. Biz taklif etayotgan matematik model (1)-(8)da $\beta(x, y, z)$ funksiya ko'rinishida hisobga olgan holda qabul qilish nazarda tutilgan.

Xulosa qilib aytganda, yuqorida keltirilgan (1)-(8) masala atmosfera havosida zararli moddalarning ko'chish va diffuziyasi jarayonini atmosfera havosiga tashlanayotgan zararli zarrachaning o'zgaruvchan tezliklari yordamida ifodalovchi matematik modeli bo'lib, model o'zida zarrachaning fizik-mexanik xususiyatlari bilan bir qatorda, havo oqimining tezligi, balandlikka nisbatan o'zgaruvchan turbulentslik koeffisienti va jarayonga ta'sir etadigan boshqa parametrlarni inobatga oladi.

Masala yechish usuli. (1)-(8) masala uch o'lchovli differensial tenglamalar va ularga mos ravishda boshlang'ich va chegaraviy shart bilan berilganligi sababli, uni analitik usulda yechish murakkablik keltirib chiqaradi. (1)-(8) masalani yechish uchun sonli usullardan foydalanamiz, ya'ni $D = \{0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y, 0 \leq z \leq L_z, 0 \leq t \leq T\}$ sohaga to'r kiritamiz va bu yerda T - o'rganilayotgan vaqtning maksimal qiymati. $[0, L_x]$, $[0, L_y]$ va $[0, L_z]$ larni Δx , Δy , Δz qadamlarga bo'lish bilan, $[0, T]$ vaqt oralig'ini esa Δt qadamlarga bo'lib, quyidagi Ω_{xyzt} to'rga ega bo'lamiz:

$$\Omega_{xyzt} = \left\{ \left(x_i = i\Delta x, y_j = j\Delta y, z_k = k\Delta z, \tau_n = n \Delta t \right); \right. \\ \left. i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M}, k = \overline{1, L}, n = \overline{0, N_t}, \Delta t = \frac{T}{N_t} \right\}.$$

(1) masalani yechish uchun har bir yo'nalishda zarrachaning qaralayotgan vaqt qatlami uchun zarrachaning tezliklari (2)-(4)ni topishimiz kerak. Buning uchun turg'unlikni ta'minlash maqsadida (2)-(4) tenglamalarni oshkormas sxemani qo'llab quyidagicha approksimatsiyalaymiz va zarrachaning yo'nalishlar bo'yicha tezliklarini topamiz: [12, 69-84]:

$$u_u^{n+\frac{1}{3}} = \frac{mu_u^n + \Delta t \pi \eta du}{m + \Delta t \pi \eta d}, v_u^{n+\frac{1}{3}} = \frac{mv_u^n + \Delta t \pi \eta dv}{m + \Delta t \pi \eta d}, \\ w_u^{n+\frac{1}{3}} = \frac{mw_u^n + \Delta t \pi \eta dw - mg \Delta t / 3}{m + \Delta t \pi \eta d}.$$

(1)-(8) masalani yechish davomida turg'unlikni ta'minlash maqsadida oshkormas sxemadan foydalangan holda, (1) tenglamani approksimatsiyalaymiz:

$$\frac{\theta_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - \theta_{i,j,k}^n}{\Delta t / 3} + u_u^{n+\frac{1}{3}} \frac{\theta_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - \theta_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta x} + v_u^{n+\frac{1}{3}} \frac{\theta_{i,j+1,k}^n - \theta_{i,j,k}^n}{\Delta y} + w_u^{n+\frac{1}{3}} \frac{\theta_{i,j,k+1}^n - \theta_{i,j,k}^n}{\Delta z} + \\ + \sigma \theta_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = \mu \frac{\theta_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - 2\theta_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \theta_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta x^2} + \mu \frac{\theta_{i,j-1,k}^n - 2\theta_{i,j,k}^n + \theta_{i,j+1,k}^n}{\Delta y^2} + \\ + \frac{\kappa_{z-0,5} \theta_{i,j,k-1}^n - (\kappa_{z-0,5} + \kappa_{z+0,5}) \theta_{i,j,k}^n + \kappa_{z+0,5} \theta_{i,j,k+1}^n}{\Delta z^2} + \frac{1}{3} \delta_{i,j} Q.$$

va quyidagi ko'rinishda belgilashlarni kiritamiz:

$$a_{i,j,k} = \frac{\mu}{\Delta x^2}; b_{i,j,k} = \frac{3}{\Delta t} - \frac{u_u^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta x} + \frac{2\mu}{\Delta x^2} + \sigma; c_{i,j,k} = \frac{\mu}{\Delta x^2} - \frac{u_u^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta x}; \\ d_{i,j,k} = - \left(\frac{3}{\Delta t} \theta_{i,j,k}^n - \frac{v_u^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta y} \theta_{i,j+1,k}^n + \frac{v_u^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta y} \theta_{i,j,k}^n - \frac{w_u^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta z} \theta_{i,j,k+1}^n + \frac{w_u^{n+\frac{1}{3}}}{\Delta z} \theta_{i,j,k}^n + \frac{\mu}{\Delta y^2} \theta_{i,j-1,k}^n - \right. \\ \left. - \frac{2\mu}{\Delta y^2} \theta_{i,j,k}^n + \frac{\mu}{\Delta y^2} \theta_{i,j+1,k}^n + \frac{\kappa_{k-0,5}}{\Delta z^2} \theta_{i,j,k-1}^n - \frac{\kappa_{k-0,5} + \kappa_{k+0,5}}{\Delta z^2} \theta_{i,j,k}^n + \frac{\kappa_{k+0,5}}{\Delta z^2} \theta_{i,j,k+1}^n + \frac{1}{3} \delta_{i,j,k} Q \right).$$

(3.1) tenglamani yuqoridagi belgilashlar yordamida uch diagonalli chiziqli algebraik tenglamalar sistemasi ko'rinishida yozamiz:

$$a_{i,j,k} \theta_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - b_{i,j,k} \theta_{i,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + c_{i,j,k} \theta_{i+1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = -d_{i,j,k}.$$

Shuningdek, (6) chegaraviy shartning birinchi qismini ikkinchi tartibdagi aniqlikda approksimatsiyalaymiz:

$$-\mu \frac{-3\theta_{0,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + 4\theta_{1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - \theta_{2,j,k}^{n+\frac{1}{3}}}{2\Delta x} = \xi \left(\theta_{\epsilon} - \theta_{0,j,k}^{n+\frac{1}{3}} \right);$$

va qavslarni ochib chiqib, o'xshash hadlarni ixchamlab, kerakli belgilashlarni kiritib:

$$\theta_{0,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = \frac{b_{1,j,k}\mu - 4\mu c_{1,j,k}}{a_{1,j,k}\mu - 2\Delta x \xi c_{1,j,k} - 3\mu c_{1,j,k}} \theta_{1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + \frac{-2\Delta x \xi \theta_{\epsilon} c_{1,j,k} - d_{1,j,k}\mu}{a_{1,j,k}\mu - 2\Delta x \xi c_{1,j,k} - 3\mu c_{1,j,k}}.$$

Yuqoridagi tenglamadan haydash koeffitsientlari $\alpha_{0,j,k}$ va $\beta_{0,j,k}$ larini quyidagicha topib olamiz:

$$\alpha_{0,j,k} = \frac{b_{1,j,k}\mu - 4\mu c_{1,j,k}}{a_{1,j,k}\mu - 2\Delta x \xi c_{1,j,k} - 3\mu c_{1,j,k}}, \quad \beta_{0,j,k} = \frac{-2\Delta x \xi \theta_{\epsilon} c_{1,j,k} - d_{1,j,k}\mu}{a_{1,j,k}\mu - 2\Delta x \xi c_{1,j,k} - 3\mu c_{1,j,k}}.$$

Shuningdek, (6) – chegaraviy shartning ikkinchi qismini approksimatsiyalaymiz:

$$\mu \frac{\theta_{N-2,j,k}^{n+\frac{1}{3}} - 4\theta_{N-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}} + 3\theta_{N,j,k}^{n+\frac{1}{3}}}{2\Delta x} = \xi \left(\theta_{\epsilon} - \theta_{N,j,k}^{n+\frac{1}{3}} \right)$$

va haydash usulini ketma-ket qo'llash natijasida zararli moddalarning chegaradagi qiymati $\theta_{N,j,k}^{n+\frac{1}{3}}$ ning qiymatini topamiz:

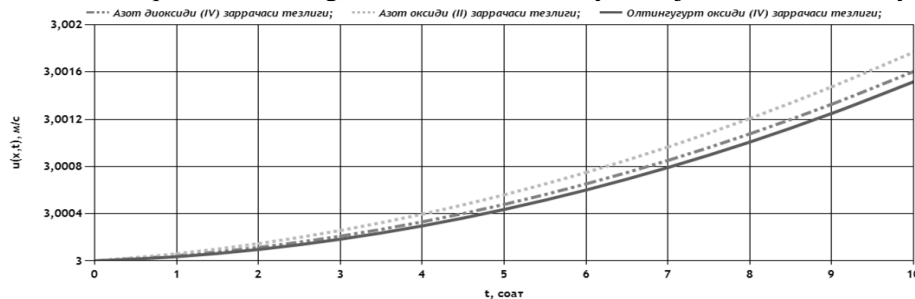
$$\theta_{N,j,k}^{n+\frac{1}{3}} = \frac{2\Delta x \xi \theta_{\epsilon} - \beta_{N-2,j,k}\mu - \alpha_{N-2,j,k}\beta_{N-1,j,k}\mu + 4\beta_{N-1,j,k}\mu}{\alpha_{N-2,j,k}\alpha_{N-1,j,k}\mu - 4\alpha_{N-1,j,k}\mu + 2\Delta x \xi + 3\mu}.$$

$\theta_{N-1,j,k}^{n+\frac{1}{3}}, \theta_{N-2,j,k}^{n+\frac{1}{3}} \dots \theta_{1,j,k}^{n+\frac{1}{3}}$ konsentratsiya qiymatlarining ketma-ketligi teskari haydash usuli yordamida topiladi.

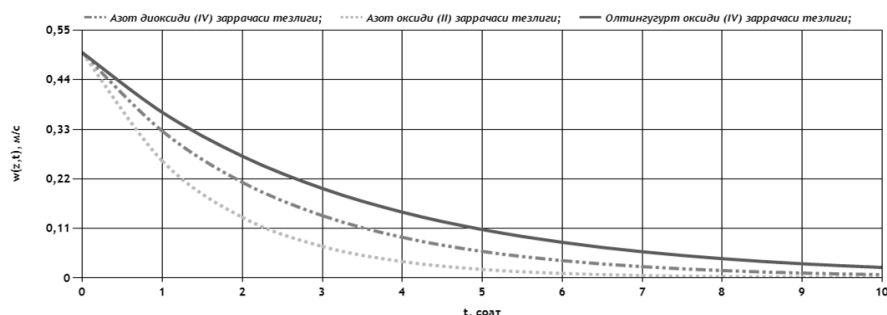
Yuqorida bajarilgan amallar ketma-ketligini Ox va Oz koordinatasi bo'yicha qo'llaymiz, zararli moddalarning konsentratsiya qiymatini har bir vaqt qatlami uchun topamiz.

Olingan natijalar. Zararli moddalar zarrachalarining tezligining atmosferada zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi jarayoniga ta'sirini o'rganish uchun kompyuterda bir qator hisoblash tajribalari o'tkazildi.

1 – 2 rasmlarda turli xil fizik-mexanik xususiyatlarga ega bo'lgan zarrachalar uchun o'tkazilgan hisoblash tajribalari natijalari asosida ularning tezliklari u, v, w larning x, y, z yo'nalishlariga mos ravishda o'zgarish dinamikasi ko'rsatilgan. O'tkazilgan hisoblash tajribalarida turli fizik-mexanik xususiyatlarga ega bo'lgan zararli moddalar tanlanib olindi. Olingan natijalarni taqqoslab, shuni aytishimiz mumkinki, zarrachalarning tezliklarini aniqlashda ularning fizik-mexanik xususiyatlari juda muhim ahamiyatga ega.



1-rasm. $u_0 = 3$ m/s bo'lganida turli xil zararli moddalar zarrachalarining Ox koordinatasi bo'ylab vaqtga nisbatan o'zgarishi



2-rasm. $w_0 = 0,5$ m/s bo'lganida turli xil zararli moddalar zarrachalarining Oz koordinatasi bo'ylab vaqtga nisbatan o'zgarishi

O'tkazilgan hisoblash tajribalaridan olingan natijalar asosida zararli moddalarning yo'nalishlar bo'yicha harakatiga ularning fizik-mexanik xususiyatlari katta rol o'ynashi tasdiqlandi. O'tkazilgan hisoblash tajribalari natijalaridan shuni xulosa qilish mumkinki, zarrachalarning massasi zichligi qancha kichik bo'lsa, ularning gorizontaal tezligi oshib boradi, vertikal tezligi esa aksincha kamayib boradi.

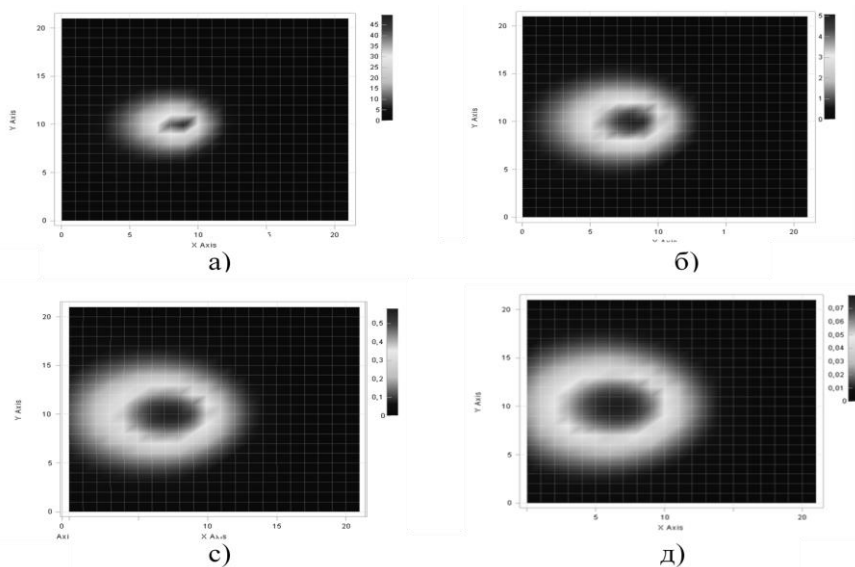
Shuningdek, ishlab chiqarish obyektlari tomonidan tashlangan atmosferadagi zararli moddalarning konsentratsiyasini aniqlash uchun ham hisoblash tajribalari o'tkazildi. Hisoblash tajribasidan olingan natijalar 3 - rasmlarda keltirilgan.

Hisoblash tajribasini o'tkazish uchun quyidagi parametrlar tanlab olindi: Shamolning tezligi 1 m/s, shamol yo'nalishi 90^0 , zarrachalarning boshlang'ich tezliklari $u_q(0) = 1$ m/s, $v_q(0) = 0,5$ m/s, $w_q(0) = 0,05$, hisoblash vaqti $t=10$ soat, masalani yechish maydoni o'lchamlari – 21x21 km, manba qaralayotgan maydonning markazida joylashtirilgan, ishlab chiqarish obyekti trubasi balandligi 100 m, manba quvvati – 10 mg/m^3 .

3-rasmda keltirilgan grafiklardan ko'rinib turibdiki, shamol tezligining kichik qiymatlarida zararli moddalar manba atrofida to'planib qoladi. Shuningdek, turli fizik-mexanik xususiyatga ega bo'lgan ikki turdagi zararli moddaning atmosferada ko'chishi va diffuziyasi bir-biridan farqli ekanligi yaqqol ko'zga tashlandi.

Hisoblash tajribalaridan olingan natijalar O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo'mitasi Buxoro viloyat boshqarmasidan olingan statistik ma'lumotlar, shuningdek, atmosferada zararli moddalarning tarqalishi va diffuziyasi jarayoniga bag'ishlangan ilmiy manbalarda olingan natijalar bilan taqqoslanganda, natijalar yetarlicha yaqin ekanligi aniqlandi.

O'tkazilgan hisoblash tajribalari natijalaridan shuni ta'kidlashimiz mumkinki, qaralayotgan hududning atmosferasida zararli moddalarning to'planib qolishiga shamolning gorizontaal va vertikal tezligi, zarrachalarning fizik-mexanik xususiyatlari sezilarli darajada ta'sir o'tkazadi. Shamolning tezligi nolga yaqinlashgan sari zararli moddalar zarrachalari faqat diffuziya jarayoni hisobidan manba atrofida to'planib qoladi.



3-rasm. Oltinugurt oksidi (IV) zararli moddasining atmosferada ko'chishi va diffuziya jarayonini vizualizatsiya qilish:

a) $z=200$ m; b) $z=300$ m; d) $z=400$ m; e) $z=500$ m

Xulosa. Atmosferada zararli moddalarning tarqalishiga asosan shamolning tezligi va yoʻnalishi, qaralayotgan zararli modda zarrachalarining fizik-mexanik xususiyatlari, turbulentslik, diffuziya va havo oqimining tezligi shakllanishi muhim ahamiyat kasb etadigan hudud orografiyasi kabi parametrlar taʼsir qiladi.

Ishlab chiqilgan dasturiy majmua ishlab chiqarish obyektlari hududlari atmosferasining ekologik holatini monitoring qilish va bashoratlash bilan bogʻliq boʻlgan amaliy muammolarni hal qilishda ishlatilishi mumkin. Dasturiy majmua yordamida ruxsat etilgan maksimal konsentratsiya meʼyorlarini inobatga olgan holda atmosfera havosini ifloslantiruvchi moddalar har bir turining qaralayotgan ishlab chiqarish obyekti va unga yaqin boʻlgan hududlar ekologik holatiga taʼsirini baholash mumkin.

Adabiyotlar

1. Zannetti P. Gaussian Models // Air Pollution Modeling. Springer US, 1990. P. 141–183.
2. Seinfeld J et.all. Simulation Urban Air pollution // Photochem. Smog Ozone React. Los Angeles. California, 1971. P. 58–100.
3. Ravshanov N., Akhmedov D. Air Quality Dispersion Modeling in Spherical Coordinates // Techno-Societal 2018. 2020. № 2. P. 149–156.
4. Беспалов М. Моделирование распространения примеси в атмосфере как инструмент воздухоохранной деятельности // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2016. № 1(17). С. 74–85.
5. Марчук Г. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. -М.: "Наука", 1982. 320 –С.
6. Марчук Г.И., Алоян А.Е. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере и их значение для биосферы // междисциплинарный научный и прикладной журнал "биосфера". 2009. № 1. С. 48–57.
7. Алоян А.Е. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. М: ИВМ РАН, 2002. 201 С.
8. Ravshanov N., Ravshanov Z., Bolnokin V.E. Modeling the salt-dust aerosols distribution in the atmosphere, taking into account the soil erosion // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing, 2020. Vol. 862, № 6. P. 1–7.
9. Ravshanov Z., Abdullaeva B., Kubyashev K. Conjugated mathematical model for optimal location of industrial objects // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020.
10. Ravshanov N., Zafar A., Shafiyev T. Mathematical model and numerical algorithm to study the process of aerosol particles distribution in the atmosphere // International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019.
11. Равшанов Н., Шафиев Т.Р., Орипжонова У. Численное исследование процесса распространения мелкодисперсных аэрозольных частиц в атмосфере // Вестник аграрной науки Узбекистана. 2019. № 4/2. С. 279–284.
12. Шафиев Т.Р. Математическая модель для мониторинга и прогнозирования процесса распространения аэрозольных частиц в атмосфере // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2020. № 1(25). С. 69–84.
13. Равшанов Н., Шафиев Т.. Модель, численный алгоритм и программное средство для мониторинга и прогнозирования экологического состояния промышленных регионов // Материалы международной конференции "Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях". -Фергана, 2019. С. 235–238.

1. Shafiev T. et al. Nonlinear mathematical model and numerical algorithm for monitoring and predicting the concentration of harmful substances in the atmosphere // E3S Web Conf. 2021. Vol. 264, № 01021. P. 1–12.
2. Равшанов Н., Шафиев Т.Р. Численное исследование процесс переноса и диффузии вредных веществ в атмосфере с учётом орографии местности // тезисы международной научно-практической конференции “Современные проблемы прикладной математики и информационных технологий.” Бухара, 2021. P. 53–55.
3. Шафиев Т.Р. et al. Программа для ЭВМ «AIRMOD» view // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 063308. 19.03.2019.
4. Шафиев Т.Р., Равшанов З.Н. Программа для ЭВМ «AirQ-MS» // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 09168. 19.09.2020.
5. Равшанов Н., Шафиев Т.Р. Программа для ЭВМ «PSV-Calc» // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 09169. 19.09.2020.
6. Шафиев Т.Р., Атаева Г.И., Суюнов М.М. Математическая модель, эффективный численный алгоритм и программный комплекс для мониторинга и прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере с учётом физико-механических свойств частиц // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. 2021. № 1(15). P. 126–130.
7. Ravshanov N., Shafiev T.R. Numerical study process distribution of contaminated substances in the atmosphere taking into account the physical and mechanical properties of particles // Bull. TUIT Manag. Commun. Technol. 2021. Vol. 4, № 2(46). P. 10–15.
8. Ravshanov N., Shafiev T.R., Daliev S. Study of the main factors affecting the spread of aerosol particles in the atmosphere // J. Phys. Conf. Ser. IOP Publishing, 2021. № 1791. P. 12083.
9. Равшанов Н., Шафиев Т.Р. Зарарли моддаларнинг атмосферерада кўчиши ва диффузияси жараёнига таъсир этувчи асосий омилларни сонли тадқиқ қилиш // Инновацион ёндашувлар илм-фан тараққиёти калити сифатида: ечимлар ва истиқболлар / Республика илмий-амалий анжумани маърузалар тўплами. Жиззах, 2020. P. 139–145.
10. Равшанов Н., Шафиев Т.Р. Атмосферада аэрозол заррачаларининг кўчиши ва диффузия жараёнига таъсир этувчи асосий омилларни сонли тадқиқ қилиш // Математик моделлаштириш, ҳисоблаш математикаси ва

дастурий таъминот инженериясининг долзарб муаммолари: Республика илмий-амалий анжумани маърузалар тўплами. Қарши, 2020. Р. 58–62.

11. Шафиев Т.Р. Атмосферада аэрозол заррачаларининг кўчиши ва диффузиясини мониторинг ва башоратлаш учун математик модел ва ҳисоблаш алгоритмини ишлаб чиқиш // “Инновацион ғоялар, ишланмалар амалалиётда: муаммолар ва ечимлар” : Халқаро илмий амалий анжуман материаллари. Андижон, 2020. Р. 140–142.

12. Равшанов Н., Мурадов Ф.А., Шафиев Т.. Математическая модель и эффективный численный алгоритм для мониторинга и прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере с учётом физико-механических свойств частиц // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2020. № 5(29). Р. 120–140.

13. Равшанов Н., Шафиев Т., Орипжонова У. Численное исследования процесса распространения мелкодисперсных аэрозольных частиц в атмосфере // Вестник аграрной науки Узбекистана. 2019. Vol. 78, № 4/2. Р. 279–284.

14. Равшанов Н., Шафиев Т. Разработка нелинейной математической модели для прогнозирования процесса переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере // Ахборот коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратиш мавзусида профессор-ўқитувчилар ва талабаларнинг XV-илмий-амалий конференцияси. Самарқанд, 2020. Р. 90–92.

15. Шафиев Т. Математическая модель для мониторинга и прогнозирования процесса распространения аэрозольных частиц в атмосфере // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2020. № 1(25). Р. 69–84.

16. Ravshanov N., Zafar A., Shafiyev T. Mathematical model and numerical algorithm to study the process of aerosol particles distribution in the atmosphere // International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019.

17. Ravshanov N., Shafiev T.R. Nonlinear mathematical model for monitoring and predicting the process of transfer and diffusion of fine-dispersed aerosol particles in the atmosphere // Journal of Physics: Conference Series. 2019.

18. Шафиев Т.Р. Численное исследования процесса распространения аэрозольных частиц в атмосфере // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: доклады республиканской научно-технической конференции. Самарқанд, 2019. Р. 242–249.

19. Равшанов Н., Шафиев Т., Таштемирова Н. Нелинейная математическая модель для мониторинга и прогнозирования процесса распространения аэрозольных частиц в атмосфере // Вестник ТУИТ. 2019. № 2. Р. 45–60.
20. Равшанов Н., Хамдамов Р., Шафиев Т. Разработка нелинейной математической модели и численного алгоритма для прогнозирования процесса переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере // материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные идеи, разработки и современные проблемы их применения в производстве, а также в обучении». Андижан, 2019. Р. 143–147.
21. Равшанов Н., Шафиев Т.Р. Моделирование процесса распространения мелкодисперсных аэрозольных частиц в атмосфере // Тезисы Международной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий». Ташкент, 2019. Р. 97–98.
22. Равшанов Н., Шафиев Т. Моделирования процесс распространения загрязняющих веществ в атмосферы с учётом физико-механических свойств частиц // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2020. № 3(27). Р. 60–75.
23. Равшанов Н., Шафиев Т.. Модель, численный алгоритм и программное средство для мониторинга и прогнозирования экологического состояния промышленных регионов // Материалы международной конференции «Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях». Фергана, 2019. Р. 235–238.
24. Равшанов Н., Шафиев Т., Мурадов Ф.А. Нелинейная математическая модель и эффективный численный алгоритм для мониторинга и прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере с учётом орографии местности // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2021. № 1(31). Р. 57–75.
25. Шафиев Т.Р., Бакаев И.И., Пиримов Р.Р. Обзор существующих программ управления персональной библиографической информацией // Современное состояние и перспективы применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении. Ташкент, 2021. Р. 77–86.
26. Shafiev T. и др. Nonlinear mathematical model and numerical algorithm for monitoring and predicting the concentration of harmful substances in the atmosphere // E3S Web of Conferences. : EDP Sciences, 2021. С. 01021.
27. Равшанов Н., Шафиев Т. Р., Ф.У. Б. Математическая модель, численный алгоритм и программный комплекс для мониторинга и прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере // Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние

и перспективы применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении». Ташкент: , 2021. С. 315–324.

28. Шафиев Т. Р. и др. Проектирование национальной системы управления персональной библиографической информацией // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2021. Т. 5(35). С. 44–51.