

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ МАРКАЗИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.G.47.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ

ШЕРМУХАМЕДОВ УЛУҒБЕК АБДУЛАЗИЗОВИЧ

**ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДИДА ЕР СИРТИ ЯҚИНИДАГИ ОЗОН
МИҚДОРНИНГ ЕР УСТИ ВА СУНЪИЙ ЙЎЛДОШ
МАЪЛУМОТЛАРИ АСОСИДАГИ ФАЗОВИЙ-ДАВРИЙ
СТАТИСТИК ТУЗИЛИШИ**

11.00.04 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология

**ГЕОГРАФИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**География фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

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

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

Шермухамедов Улуғбек Абдулазизович

Ўзбекистон худудида ер сирти яқинидаги озон миқдорининг
ер усти ва сунъий йўлдош маълумотлари асосидаги
фазовий-даврий статистик тузилиши.....3

Шермухамедов Улуғбек Абдулазизович

Пространственно-временная статистическая структура
содержания приземного озона на территории Узбекистана
на основе наземных и спутниковых данных.....21

Shermukhamedov Ulugbek Abdulazizovich

Space-temporary statistical surface ozone content structure
on the territory of Uzbekistan based on ground measurement
and satellite data39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....42

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ МАРКАЗИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.G.47.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ

ШЕРМУХАМЕДОВ УЛУҒБЕК АБДУЛАЗИЗОВИЧ

**ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДИДА ЕР СИРТИ ЯҚИНИДАГИ ОЗОН
МИҚДОРНИНГ ЕР УСТИ ВА СУНЪИЙ ЙЎЛДОШ
МАЪЛУМОТЛАРИ АСОСИДАГИ ФАЗОВИЙ-ДАВРИЙ
СТАТИСТИК ТУЗИЛИШИ**

11.00.04 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология

**ГЕОГРАФИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

География фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.3.PhD/Gr75 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Гидрометеорология илмий-текшириш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати учта тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.meteo.uz) ва «Ziyonet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Арушанов Михаил Львович,
география фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абдуллаев Аъло Каюмходжаевич,
география фанлари доктори, профессор

Ни Анатолий Александрович,
география фанлари номзоди

Етакчи ташкилот:

Наманган давлат университети

Диссертация ҳимояси Гидрометеорология илмий-текшириш институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.27.06.2017.G.47.01 рақамли Илмий кенгашининг 2019 йил «___» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўча, 72. Тел.: (+998) 71-235-85-12, факс: (+998) 71-237-13-13, e-mail: nigmi@albatros.uz)

Диссертация билан Гидрометеорология илмий-текшириш институтининг Илмий-техникавий кутубхонасида танишиш мумкин (№__ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўча, 72. Тел.: (+998) 71-235-85-12, факс: (+998) 71-237-13-13.

Диссертация автореферати 2019 йил «___» _____ куни тарқатилди.

(2019 йил «___» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

В.Е.Чуб

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, г.ф.д.

Б.Э.Нишонов

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.н.

С.В.Мягков

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Ҳозирги кунда, сайёрамизда глобал иқлим ўзгариши ва инсон фаолияти туфайли, ер сирти яқинидаги озон ва унинг прекурсорлари концентрациясининг ортиши кузатилмоқда. АҚШда жойлашган халқаро Соғлиққа таъсир институтининг сўнгги йиллардаги ҳисоботларида таъкидланишича, озон инсон соғлиғига салбий таъсир кўрсатиб, эрта ўлим ва сурункали обструктив ўпка касаллигидан ногиронликка сабаб бўлмоқда¹. Бундан ташқари ер сирти яқинидаги озон сайёрамизнинг экотизими ва қишлоқ хўжалигининг ҳосилдорлигига салбий таъсир кўрсатади². Шунинг учун ер сирти яқинидаги ва тропосфера озонининг миқдорини фазовий-даврий таркибини аниқлаш ҳамда динамик ва гелиогеофизик табиатга эга табиий омилларнинг озон ўзгарувчанлигига қўшган ҳиссасини баҳолаш усуллари такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда ер сирти яқинидаги озон миқдорининг ер усти ва сунъий йўлдош маълумотлари асосидаги фазовий-даврий статистик тузилишини аниқлаш йўналишидаги илмий тадқиқотларга устувор аҳамият берилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, мониторинг олиб бориш учун озонзондлар, тижорат самолётлари, ер устида масофадан зондлаш ва сунъий йўлдош асбоблари ёрдамида тропосфера озонининг вертикал профилларини ўлчаш усуллари қўллаш, глобал, минтақавий ва маҳаллий миқёсда метеорология ва кимёнинг тўлиқ боғланган моделларидан фойдаланган ҳолда иқлим ва атмосфера кимёсининг ўзаро таъсирини аниқлаш, атмосферанинг радиацион ва термобарик майдонларидаги ўзгаришларга олиб келувчи омилларни ҳисобга олувчи озоннинг фазовий-даврий ўзгарувчанлигини аниқлаш, улардан атмосфера жараёнларини таҳлил қилиш ва прогнозлаш масалаларида фойдаланиш тақозо этмоқда.

Республикамизда стратосферадаги озон қатламини емирувчи ва тропосферадаги озон концентрациясининг ортишига олиб келувчи кимёвий элементларнинг эмиссиясини камайтиришга қаратилган қатор чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «... глобал иқлим ўзгариши ва Орол денгизи қуриб қолишининг қишлоқ хўжалиги ривожланиши ҳамда аҳолининг ҳаёт фаолиятига салбий таъсирини юмшатиш бўйича тизимли чора-тадбирларни кўриш»³ юзасидан муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада атроф-муҳитда экологик мувозанат бузилишининг олдини олиш бўйича қўшимча чоралар кўришга имкон берувчи, ер сирти яқинидаги озон концентрациясининг потенциал юқори қийматлари шаклланишининг сабабларини ўрганиш, унинг фазо ва вақтдаги ўзгарувчанлигини ҳар

¹ Health Effects Institute: State of Global Air / Heal. Eff. Inst., N15, 2017. – 78 p.

² www.igacproject.org/activities/TOAR.

³ Ўзбекистон Республика Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

томонлама таҳлил қилишга йўналтирилган тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Харакатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони, 2017 йил 1 июндаги «Фавқулодда вазиятларнинг олдини олиш ва уларни бартараф этиш тизими самарадорлигини тубдан ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5066-сон Фармони, 2017 йил 2 июндаги «Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги фаолиятини янада такомиллаштириш бўйича ташкилий тадбирлар тўғрисида»ги ПҚ-3029-сон Қарори, 2018 йил 3 октябрдаги «Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш соҳасида давлат бошқаруви тизимини такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги ПҚ-3956-сон Қарори, ҳамда мазкур соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси», VIII. «Ер тўғрисидаги фанлар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Тропосфера ва ер сирти яқинидаги озоннинг фазовий-даврий ўзгарувчанлиги масалалари кўплаб хорижий олимларнинг тадқиқотларида кўриб чиқилган. Жумладан, ушбу масалаларни ўрганишга А. Gaudel, O.R. Cooper, S. Tilmes, J.-F. Lamarque, L.K. Emmons, D.E. Kinnison, D. Henze, M.J. Granados-Muñoz, T. Leblanc, J. Ziemke, A. Rozanov, W. Tarasick, Z.Q. Hakim, S. Archer-Nicholls, G.A. Folberth, G. Ancellet, B. Barret, A. Boynard, C. Clerbaux, J. Cuesta, G. Dufour, F. Ebojje, J.P. Burrows, M. G. Schultz, P.-F. Coheur, P. Kalabokas, H. Akimoto, K. Sudo, H. Tanimoto, M. Deushi, G. Beig, S Ghude, W. Lin, J. Liu, X. Xu, E. Mahieu, J. Bak, K.-H. Baek, J.-H. Kim, X. Liu, J. Kim каби хорижлик, ҳамда Б.Д. Белан, А.М. Звягинцев, М.Ю. Аршинов, Д.К. Давыдов, И.Ю. Шалигина, И.Н. Кузнецова, В.А. Лапченко, Н.Ф. Еланский, Н.В. Терреб, Л.И. Милехин каби МДХ олимлари ва бошқаларнинг тадқиқотлари бағишланган. Мазкур тадқиқотларда ердан (озонзондлар, Lidarлар), ҳаводан (самолётлар) ва сунъий йўлдошлардан олинган узок муддатли маълумотлар умумлаштирилган, озон ва унинг прекурсорлари билан боғлиқ мураккаб фотохимёвий ва транспорт жараёнларини моделлаштириш соҳасидаги сўнгги ютуқлар келтирилган.

Ўзбекистонда ушбу муаммонинг айрим масаларини ўрганишга қаратилган тадқиқотлар Б.Ф. Абдурахимов, Н. Равшанов, М.В. Радкевич, Д.К. Шарипов, Р.Г. Азизова, Х.М. Насимов ва бошқалар томонидан амалга оширилган. Ушбу тадқиқотларда асосий эътибор саноат корхоналари, йўл комплекси томонидан атмосфера ифлосланишини кузатиш ва прогноз қилиш усуллари ишлаб чиқиш, атмосферадаги турли газларни аниқлаш ва атмосферадаги гидродинамик жараёнларни моделлаштиришга қаратилган.

Бирок, юкорида қайд этилган тадқиқотларда тропосфера ва ер сирти яқинидаги озон ва унинг прекурсорлари фазовий-даврий ўзгарувчанлигини аниқлаш масалалари кўриб чиқилмаган. Мазкур тадқиқот Ўзбекистон Республикаси ҳудудида тропосфера ва ер сирти яқинидаги озоннинг фазовий-даврий ўзгарувчанлигини аниқлаш имконини берувчи сунъий йўлдош маълумотларини олиш ва қайта ишлаш усулларини ишлаб чиқиш, тропосфера кимёси ва прогноз моделларини ечишга бағишланганлиги билан юкоридаги ишлардан фарқ қилади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим ва илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Гидрометеорология илмий-текшириш институтининг Ф-4-52 «Техник ва экологик тизимларда ночизикли ходисаларни тадқиқ этишнинг ноанъанавий усулларини ишлаб чиқиш» (2012-2016 йй.) фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Ўзбекистон ҳудудида ер сирти яқинидаги ва тропосфера озонининг миқдорини ер усти ва сунъий йўлдош маълумотлари асосида фазовий-даврий таркибини аниқлаш ҳамда динамик ва гелиогеофизик табиатга эга табиий омилларнинг озон ўзгарувчанлигига кўшган ҳиссасини баҳолашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

умумий ва тропосфера озонини сунъий йўлдошлар ёрдамида ўлчаш бўйича тадқиқотларнинг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш;

сунъий йўлдош маълумотларини олиш ва қайта ишлаш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

тропосферадаги озоннинг ўзгаришини ҳисоблаш учун фотохимёвий жараёнларга асосланган математик моделни ишлаб чиқиш;

характеристик илдизлар бўйича регрессия асосида турли даврлардаги озон концентрациясини башоратлаш моделини ишлаб чиқиш;

Тошкент шаҳри учун турли сунъий йўлдошлардан олинган атмосферадаги озон маълумотлари, сунъий йўлдошлар ва ердаги асбоблардан олинган маълумотлар, тропосфера кимёси ва прогноз моделларини табиий шароитда олинган маълумотлар билан қиёсий таҳлил қилиш.

Тадқиқотнинг объекти тропосфера ва ер сирти яқинидаги озон ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети атмосферанинг қуйи қатламларидаги озоннинг ўзгаришини узлуксиз мониторинг қилиш ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида таҳлил ва синтез, математик статистика, дифференциал тенгламалар тизимини сонли ҳисоблаш, компьютерда моделлаштириш, корреляцион, спектрал ва регрессион таҳлил усуллари қўлланилган. Сунъий йўлдош маълумотларини қайта ишлашда ва дифференциал тенгламаларни ечишда MatLab дастурий пакетидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Aura сунъий йўлдоши архивидан тропосфера озони маълумотларини олиш ва қайта ишлаш алгоритми ҳамда netCDF ва HDF илмий форматидаги маълумотларни ўқиш ва улар билан ишлаш учун Matlab тилида скриптлар ишлаб чиқилган;

азот ва углерод оксидлари оқимига боғлиқ равишда озон ва унинг прекурсорларининг ўзгаришини, тизимнинг мувозанат, тебраниш ва тартибсиз ҳолатини аниқлаш имконини берувчи тропосферадаги фотохимёвий реакцияларнинг ночизикли моделини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

Тошкентнинг ер усти қатлами учун тропосфера кимёси моделининг коэффицентларини танлаш асосланган;

озон динамикасига ташки (қуёш радиацияси, қуёш фаоллигининг ўзгариши ва бошқалар) ва ички омиллар (ҳарорат, намлик, ёғингарчилик, булутлилик) таъсирини ҳисобга олган ҳолда озон концентрациясини прогнозлаш учун хусусий илдизлар бўйича регрессия модели ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

тропосфера озонини ўлчаш маълумотларининг Aura сунъий йўлдоши асосидаги янги манбалари таклиф қилинган;

сунъий йўлдошлар ва ер усти маълумотлари асосидаги атмосферанинг қуйи қатламидаги озонни узлуксиз мониторинг қилиш алгоритми ишлаб чиқилган;

Тошкент шаҳри учун стратосфера, тропосфера, умумий ва ер сирти яқинидаги озоннинг маълумотлар архиви яратилган;

сунъий йўлдошдан олинган умумий ва тропосфера озони маълумотлари асосида ер сирти яқинидаги озон маълумотларини тиклаш учун экстраполяция усули ишлаб чиқилган;

тропосферадаги фотохимёвий реакцияларнинг ночизикли моделини ҳисоблаш учун компьютер дастури ишлаб чиқилган;

озоннинг берилган вақт, атмосферадаги қатлам ва пунктдаги концентрациясини прогнозлаш учун дастурий мажмуа ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий тадқиқот усуллари ва ўлчаш воситаларидан фойдаланилганлиги, назарий тадқиқотларда юқори аниқликдаги сонли ҳисоблаш усулларида фойдаланганлиги, шунингдек, назарий ва ўлчаш натижаларининг мос келиши билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ишлаб чиқилган моделлар, усуллар ва боғланишлар тропосфера ва ер сирти яқинидаги озон, шунингдек, унинг прекурсорлари бўйича узлуксиз маълумотлар олиш учун асос бўлиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти тропосфера ва ер сирти яқинидаги озон, шунингдек унинг прекурсорларини, узлуксиз мониторинг ва

прогнозлаш ҳамда озоннинг инсон ва ўсимликларга салбий таъсирини бартараф этиш чораларини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ўзбекистон Республикасида тропосфера ва ер усти озонининг фазовий-даврий ўзгарувчанлигини аниқлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Аура сунъий йўлдошидан олинган тропосфера озони маълумотларини олиш ва қайта ишлаш алгоритми, netCDF ва HDF илмий форматларидаги маълумотларни ўқиш ва улар билан ишлаш учун Matlab тилидаги скриптлар Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2019 йил 15 октябрдаги 25-01/630-сон маълумотномаси). Натижада Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2005-2016 йиллар учун ер усти озони концентрацияси бўйича етишмаётган маълумотларни экстраполяция процедураси орқали тиклаш имконини берган;

тропосфера озони фотохимёвий реакцияларининг ночизикли моделини ҳисоблаш методикаси Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2019 йил 15 октябрдаги 25-01/630-сон маълумотномаси). Натижада, азот оксиди ва углерод оксиди ўзгаришига боғлиқ равишда ер усти озонининг ўзгаришини 93% аниқлик билан аниқлаш имконини берган;

Тошкентнинг ер усти қатлами учун тропосфера кимёси моделининг коэффициентлари асосланган ва Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2019 йил 15 октябрдаги 25-01/630-сон маълумотномаси). Натижада ушбу модель асосида Ўзбекистон ҳудуди учун O_3 , CO , NO , NO_2 , OH ва HO_2 кимёвий элементлар концентрациясининг ўзгариш қонуниятларини аниқлаш имконини берган;

озон динамикасига ташқи (куёш радиацияси, куёш активлигининг ўзгариши ва бошқалар) ва ички омиллар (ҳарорат, намлик, ёғингарчилик, булутлилик) таъсирини ҳисобга олган ҳолда озон концентрациясини прогнозлаш учун характеристик илдизлар бўйича ишлаб чиқилган регрессия модели Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2019 йил 15 октябрдаги 25-01/630-сон маълумотномаси). Натижада, озон концентрациясини прогнозлаш ва ташкилот фаолиятида оператив равишда фойдаланиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 1 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 10 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий

илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 4 таси республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 саҳифани ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида бажарилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, унинг мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, уларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, уларнинг амалиётда жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг "**Диссертация мавзусидаги маҳаллий ва хорижий илмий изланишлар шарҳи**" деб номланган биринчи бобида озоннинг асосий хусусиятлари ва унинг ўлчов бирликлари кўриб чиқилган, озоннинг ўсимликларга ва инсон саломатлигига таъсири бўйича тадқиқот ишлари таҳлил қилинган, жаҳон соғлиқни сақлаш ташкилотининг озон концентрациясига оид тавсиялари, озоннинг фазовий-даврий динамикаси бўйича тадқиқот усуллари баён этилган.

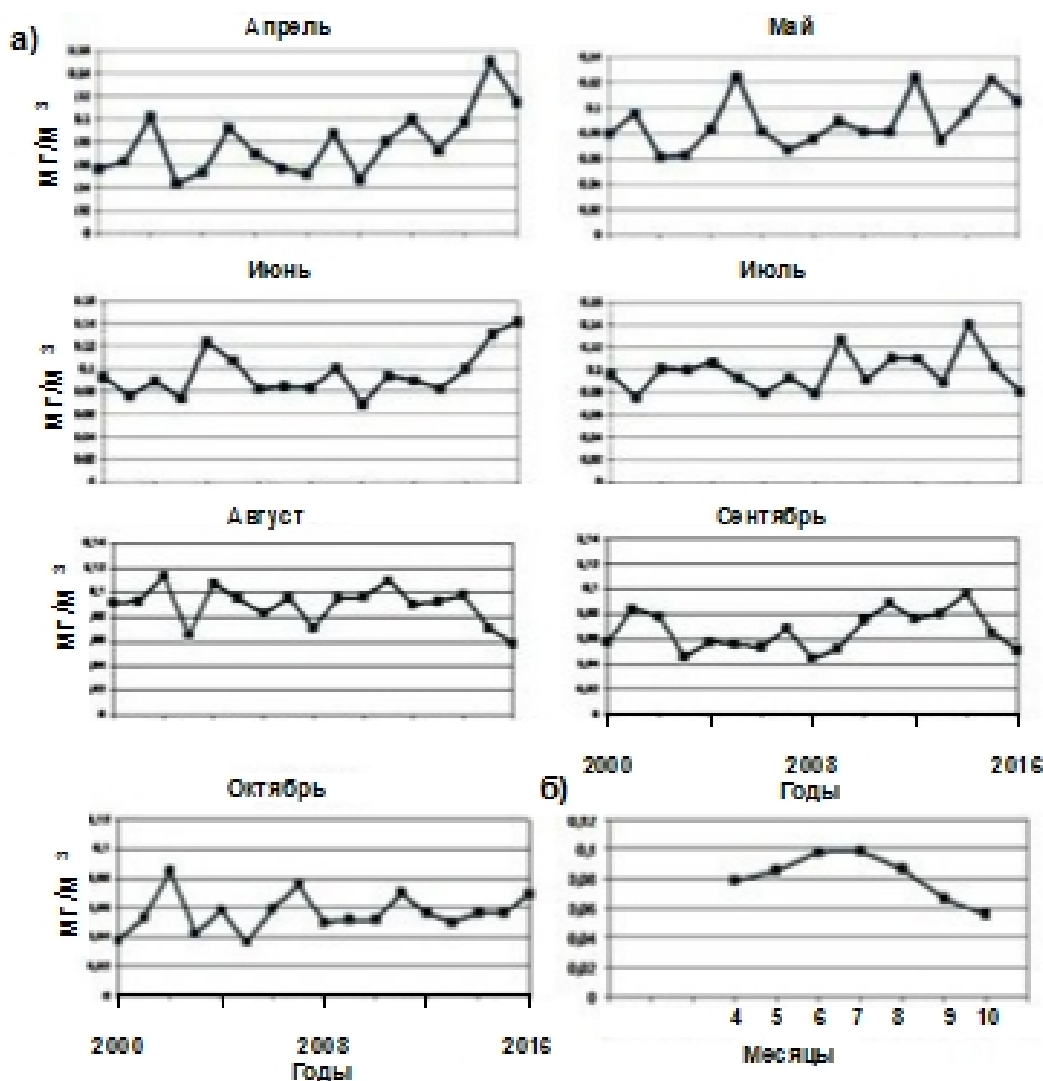
Диссертациянинг "**Ердаги ва сунъий йўлдошдаги қурилмаларда озонни ўлчаш**" деб номланган иккинчи бобида тропосфера ва ер сирти яқинидаги озонининг шаклланиши (емирилиши) динамикасига таъсир кўрсатадиган метеорологик катталикларнинг Ўзбекистон ҳудуди бўйлаб фазовий тақсимланиши, сунъий йўлдошлар ёрдамида озонни ўлчаш усуллари катта эътибор берган ҳолда озонни ўлчаш усуллари кўриб чиқилган. Озоннинг шаклланиши (емирилиши) етарли даражада табиий-географик шароитларга боғлиқ бўлганлиги сабабли, мазкур бобда Ўзбекистон ҳудудининг табиий-географик шароити қисқача ёритилган.

Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида (бундан буён матнда Ўзгидромет деб юритилади) кўп йиллар давомида ер сирти яқинидаги озон ва унинг углерод оксиди, азот оксиди ва диоксиди каби прекурсорлари ўлчаб келинган. 1а-расмда 2000 йилдан 2016 йилгача бўлган давр учун ер сирти яқинидаги озоннинг апрель-октябрь ойларидаги ўртача қийматлари келтирилган. Қолган ойлар, яъни ноябрь-март ойларида кузатишлар олиб борилмаганлиги сабабли берилмаган.

Ер сирти яқинидаги озон маълумотларини сунъий йўлдош маълумотлари ва назарий модель натижалари билан солиштирма баҳолаш учун 1б-расмда йиллар бўйича ўртача ойлик тақсимот амалга оширилган.

Ер сирти яқинидаги углерод оксиди, азот оксиди NO ва диоксиди NO₂ қийматларининг ўртача кўрсаткичлари мос равишда 0,15 мг/м³ дан 0,21 мг/м³ гача ёки 75 - 105 ppb чегараларида (2000-2016 йиллар учун ўртача 0,16 мг/м³

ёки 80 ppb ни қабул қилиш мумкин), $0,00027 \text{ мг/м}^3$ дан $0,00045 \text{ мг/м}^3$ ёки $0,135 - 0,225 \text{ ppb}$ (2000-2016 йиллар учун ўртача сифатида $0,00036 \text{ мг/м}^3$ ёки $0,18 \text{ ppb}$ ни олиш мумкин) ва $0,0005 \text{ мг/м}^3$ дан $0,00064 \text{ мг/м}^3$ гача ёки $0,25 - 0,32 \text{ ppb}$ (ўртача қиймат сифатида $0,0006 \text{ мг/м}^3$ ёки $0,3 \text{ ppb}$ ни олиш мумкин) ўзгаришини кўрсатди. Шимолий ярим шарнинг турли минтақаларида СО ҳолатини кузатиш бўйича олиб борилган ишлар таҳлили СО нинг қийматлари 60-200 ppb оралиғида, Европа мамлакатларида (Буюк Британия, Испания, Чехия ва Голландия) NO ва NO₂ ҳолатини мониторинг қилиш бўйича ишларнинг таҳлили NO қийматларининг ўзгариши $1-10 \text{ мг/м}^3$ ($0,5-5 \text{ ppb}$) оралиғида, NO₂ нинг ўзгариши $1-1,2 \text{ мг/м}^3$ ($0,5-0,6 \text{ ppb}$) оралиғида бўлишини кўрсатди.



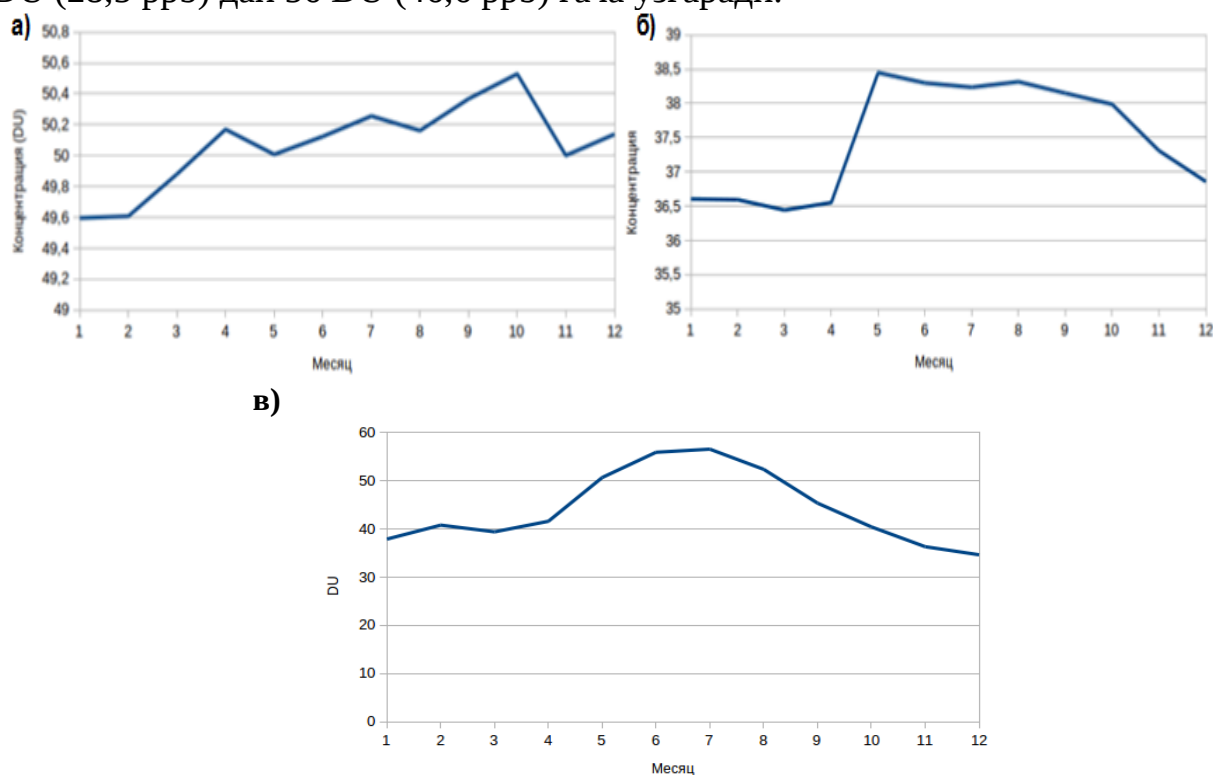
1–расм. а) Тошкентдаги ер сирти яқинидаги озоннинг ўртача ойлик қийматларининг вақт бўйича ўзгариши; б) ер сирти яқинидаги озоннинг кўп йиллик ўртача ойлик қийматлари.

Марказий Осиё, шу жумладан, Ўзбекистон бир неча йўлдошларнинг радиоузатиш зонасига киради, бу эса ушбу йўлдошлардан маълумотларни олиш ва уларни таҳлил қилиш учун фойдаланишга имкон беради. Бундай йўлдошларга Aura, NOAA, Nimbus ва бошқалар киради.

Сунъий йўлдош маълумотларини юклаш ва импорт қилиш Matlab дастурий пакетида амалга оширилди. Олинган маълумотлар Matlabнинг *.mat форматида сақланади ва сайёрамизнинг бизни қизиқтирган худудларидаги озонни таҳлил қилиш имконини беради.

2-расмда сунъий йўлдош ёрдамида 10 йил давомида (2005 йилдан 2014 йилгача) ўлчанган тропосфера озони миқдорининг кўп йиллик ўртача ойлик қийматлари келтирилган.

Расм маълумотларидан кўриниб турибдики, умумий тропосфера озони абсолют қийматда ҳам, йиллик ўзгаришда ҳам ўзаро фарқ қилади. Агар Nimbus сунъий йўлдошидан олинган маълумотларга кўра қийматлар 49,6 DU (41.3 ppb) дан 50,6 DU (42.2 ppb) гача ўзгарса, NOAA сунъий йўлдоши маълумотларига кўра, қийматлар 36,5 DU (30.4 ppb) дан 38,5 DU (32,1 ppb) гача ўзгаради. Ауга сунъий йўлдоши маълумотларига кўра эса қийматлар 34,2 DU (28,5 ppb) дан 56 DU (46,6 ppb) гача ўзгаради.

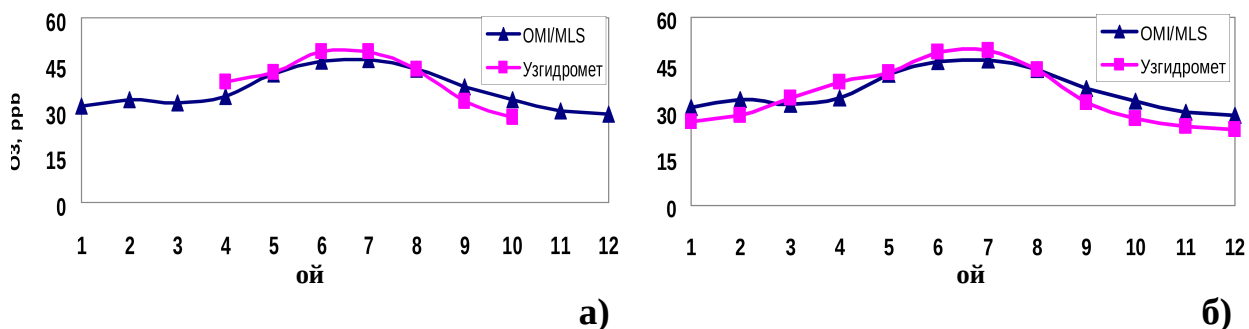


2-расм. Nimbus (а), NOAA (б) ва Aura (в) сунъий йўлдошлари бўйича тропосфера озонининг умумий концентрациясининг йиллик ўзгариши.

Ўзгидрометда олинган ўлчаш натижалари билан учта сунъий йўлдош маълумотларини қиёсий баҳолаймиз. Ўзгидромет маълумотлари, 1-расмга кўра, 27,6 дан 49,2 ppb гача ўзгаради. Бажарилган таққослаш, Nimbus маълумотлари Ўзгидромет маълумотларига нисбатан юқорирок, NOAA маълумотлари пастроқ, Ауга маълумотлари яқин бўлишини кўрсатди.

Сунъий йўлдош маълумотларидан кейинги тадқиқотларда фойдаланиш ва Ўзгидрометдаги 5 ойлик етишмаётган ер сирти яқинидаги озон маълумотларни экстраполяция қилиш мақсадида Aura сунъий йўлдошининг OMI/MLS асбобларидан олинган маълумотларни Ўзгидромет маълумотлари билан батафсилроқ солиштирама таҳлил қилинди.

3-расмда сунъий йўлдошдан олинган тропосфера озони концентрациясининг йиллик ўзгариши ва Ўзгидрометда апрелдан октябргача бўлган даврда ўлчанган ер сирти яқинидаги озоннинг концентрацияси (3а-расм) ва қолган беш ой учун экстраполяцияланган қийматларни ҳисобга олган ҳолда Ўзгидрометнинг маълумотлари (3б-расм) келтирилган. Графиклар Ўзгидромет ва OMI/MLS маълумотлари етти ой учун ҳам, бир йил учун ҳам ер сирти яқинидаги озон ва тропосфера озонининг ўртача концентрациялари мос келишини кўрсатди. 3а-расмдаги графикларнинг ўртача четланиши 8% ни, 3б-расмдаги графикларнинг ўртача четланиши 10% ни ташкил этди.



3-расм. Сунъий йўлдошдан олинган тропосфера озони концентрациясининг йиллик ўзгариши (OMI/MLS) ва Ўзгидрометда ўлчанган ер сирти яқинидаги озон концентрацияси. а) - Ўзгидрометнинг апрелдан октябргача маълумотлари; б) - Ўзгидрометнинг экстраполяцияни ҳисобга олган ҳолдаги маълумотлари.

Диссертациянинг "**Тропосфера газлари концентрациясини назарий тадқиқоти**" деб номланган учинчи боби қабул қилинган бошланғич маълумотлар, реакция тезлиги константалари, кириш ва йўқотиш қийматлари асосида таклиф этилаётган тропосфера кимёси моделини ўрганишга, моделни тропосфера озонини баҳолашда қўллаш учун унинг адекватлигини ўлчов маълумотлари билан таққослашга бағишланган. Ночизикли хусусиятларга эга бўлган динамик тизимнинг хусусиятларини ўрганиш ночизикли динамика ва хаос назарияси усуллари асосланган ўтиш режимларни аниқлашдан иборатдир. Динамик тизим параметрларининг ўзгариши мувозанатнинг мураккаб ҳолатини тебраниш ҳолатига, сўнгра бифуркация орқали детерминистик хаосга олиб келиши мумкинлиги кўрсатилган.

Тропосферадаги озоннинг шаклланиши ва емирилишига таъсир қилувчи асосий фотохимёвий реакциялар кўриб чиқилади. 1-жадвалда келтирилган фотохимёвий реакцияларда иштирок этадиган қуйидаги кимёвий элементларни ажратамиз: OH, NO₂, O₃, NO, NO₂, CO ва CH₄, жадвалда шунингдек, реакция тезлиги константалари ва Аррениус формулалари ҳам берилган. Реакцияларни ёзишда атмосферада CH₄, H₂O ва O₂ ўзгармас, CO₂, H₂O₂ ва HNO₃ эса реакциянинг якуний маҳсулоти бўлади деб тахмин қилинган. Моделга шунингдек физикавий манбалар (CO, NO, NO₂ ва O₃) ва йўқотишлар (NO, NO₂ и O₃) қийматлари киритилган.

Тропосфера кимёсининг модели

	Реакция			Параметр меъёри	Қиймати (298 К)	Аррениус формуласи $k_{Ri}(T)$
R1	$O_3+h\nu$	$H_2O \rightarrow$	$2OH+\{O_2\}$	k_{R1}, c^{-1}	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-10}$
R2	$NO_2+h\nu$	$O_2 \rightarrow$	$NO+O_3$	k_{R2}, c^{-1}	$1,6 \cdot 10^{-14}$	$1,6 \cdot 10^{-14} \cdot (T/300)^{-2,6}$
R3	$OH+O_3$	\rightarrow	$HO_2+\{O_2\}$	$k_{R3}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$7,3 \cdot 10^{-14}$	$1,7 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(-940/T)}$
R4	$OH+CO$	$O_2 \rightarrow$	$HO_2+\{CO_2\}$	$k_{R4}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$\sim 1,5 \cdot 10^{-12}$	$1,1 \cdot 10^{-12} \cdot (T/300)^{-1,3}$
R5	$OH+NO_2$	\rightarrow	$\{HNO_3\}$	$k_{R5}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-30} \cdot (T/300)^{-3,0}$
R6	$OH+CH_4$	$2O_2 \rightarrow$	$CO+HO_2+\{2H_2O\}$	$k_{R6}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$6,4 \cdot 10^{-15}$	$1,85 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(-1690/T)}$
R7	HO_2+O_3	\rightarrow	$OH+\{2O_2\}$	$k_{R7}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$1,9 \cdot 10^{-15}$	$1,0 \cdot 10^{-14} \cdot e^{(-490/T)}$
R8	HO_2+NO	\rightarrow	$OH+NO_2$	$k_{R8}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$8,0 \cdot 10^{-12}$	$3,3 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(270/T)}$
R9	HO_2+HO_2	\rightarrow	$H_2O_2+\{O_2\}$	$k_{R9}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-12}$	$3,0 \cdot 10^{-13} \cdot e^{(460/T)}$
R10	$NO+O_3$	\rightarrow	$NO_2+\{O_2\}$	$k_{R10}, \text{см}^3 \text{молекула}^{-1} \text{с}^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-14}$	$1,4 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(-1310/T)}$
R11	манба	\rightarrow	CO	$F_{CO}, \text{молекула см}^{-3} \text{с}^{-1}$	ўзгарувчи	
R12	манба	\rightarrow	O ₃	$F_{O_3}, \text{молекула см}^{-3} \text{с}^{-1}$	$6,0 \times 10^4$	
R13	манба	\rightarrow	NO	$F_{NO}, \text{молекула см}^{-3} \text{с}^{-1}$	ўзгарувчи	
R14	манба	\rightarrow	CH ₄	$F_{CH_4}, \text{молекула см}^{-3} \text{с}^{-1}$	$4,2 \times 10^{13}$	
R15	NO	\rightarrow	йўқотиш	$L_{NO}, \text{молекула см}^{-3} \text{с}^{-1}$	$1,9 \times 10^{-8}$	
R16	NO ₂	\rightarrow	йўқотиш	$L_{NO_2}, \text{молекула см}^{-3} \text{с}^{-1}$	$7,2 \times 10^{-8}$	
R17	O ₃	\rightarrow	йўқотиш	$L_{O_3}, \text{молекула см}^{-3} \text{с}^{-1}$	$9,6 \times 10^{-8}$	

1-жадвалда келтириган тропосфера кимёси моделининг ночизикли дифференциал тенгламалар тизими қуйидагича ёзилади:

$$\frac{d[CO]}{dt} = k_{R6}[CH_4][OH] - k_{R4}[CO][OH] + F_{CO},$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_{R2}[NO_2] - k_{R1}[O_3] - k_{R7}[HO_2][O_3] - k_{R10}[NO][O_3] - k_{R3}[OH][O_3] - L_{O_3}[O_3] + F_{O_3},$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = k_{R2}[NO_2] - k_{R10}[NO][O_3] - k_{R8}[HO_2][NO] - L_{NO}[NO] + F_{NO},$$

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = k_{R10}[NO][O_3] + k_{R8}[HO_2][NO] - k_{R2}[NO_2] - k_{R5}[HO][NO_2] - L_{NO_2}[NO_2],$$

$$\frac{d[HO]}{dt} = 2k_{R1}[O_3] + k_{R7}[HO_2][O_3] + k_{R8}[HO_2][NO] - k_{R4}[OH][CO] -$$

$$k_{R5}[OH][NO_2] - k_{R3}[OH][O_3] - k_{R6}[CH_4][OH],$$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = k_{R4}[OH][CO] + k_{R3}[OH][O_3] + 2k_{R6}[CH_4][OH] - k_{R7}[HO_2][O_3] -$$

$$k_{R8}[HO_2][NO] - k_{R9}[HO_2][HO_2],$$

$$\frac{d[CH_4]}{dt} = -k_{R6}[CH_4][OH].$$

HNO_3 , H_2O_2 ва CO_2 элементлари реакция махсули бўлгани учун юқоридаги тенгламаларга киритилмаган.

Ушбу дифференциал тенгламалар тизимини ечиш учун Matlab®7.11.0 (R2010b) дастурий пакетида Гир усули ва ode15s ёрдамида сонли ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган.

Вақтнинг функцияси сифатида олинган O_3 , CO , NO , NO_2 , OH ва HO_2 ларнинг ўзгариш графиклари тахлили қабул қилинган бошланғич маълумотлар, кириш ва йўқотиш коэффициентлари билан ер сирти яқинидаги озоннинг қиймати $8,8 \cdot 10^{11}$ молекула/ cm^3 ёки 32,7 ppb бўлишини кўрсатди.

Ўзгидромет маълумотлари бўйича ер сирти яқинидаги озоннинг йиллик ўртача қиймати 35,2 ppbни ташкил этди. Ҳисобланган қийматларни ўлчаш маълумотлари билан таққосласак, 2,5 ppb қийматни оламиз, бу 7,1% ни ташкил этади. CO , NO и NO_2 қийматлари мос равишда $21,1 \cdot 10^{11}$ молекула/ cm^3 , $18,2 \cdot 10^8$ молекула/ cm^3 , $24,2 \cdot 10^8$ молекула/ cm^3 ёки 78,4 ppb, 0,067 ppb ва 0,09 ppb ни ташкил этди.

Олинган назарий маълумотларни Ўзгидрометнинг ўлчов маълумотлари билан таққослайлик. Ўзгидромет бўйича CO , NO ва NO_2 ларнинг ўртача қийматлари 80 ppb, 0,18 ppb ва 0,3 ppb ни ташкил этиб, ҳисоб натижаларига нисбатан фарқи мос равишда 1,6 ppb, 0,11 ppb ва 0,21 ppb ни ёки 2%, 61% ва 70% ташкил қилиши аниқланди.

Шундай қилиб, солиштирма таҳлил натижалари қабул қилинган бошланғич маълумотлар, реакция тезлиги доимийлари, кириш ва йўқотиш қийматлари асосида таклиф этилаётган тропосфера кимёси модели ер усти қатламида (Тошкент ш.) содир бўладиган фотохимёвий жараёнларни умуман олганда адекват тавсифлайди. Ер сирти яқинидаги озон ва углерод оксиди қийматлари 7,1% ва 2% четланишни, азот оксиди ва диоксиди 61% ва 70% четланишни кўрсатади. Бу уларга нисбатан қониқарли бўлмаган натижадир.

Ер усти қатлами учун қабул қилинган бошланғич маълумотлар асосида олинган натижалар таклиф этилган тропосфера кимёси модели мувозанат ҳолатига эга эканлигини кўрсатди, яъни тизим O_3 , CO , NO қийматларининг ўзгариши (ташқи таъсир) натижасида ўтиш жараёни орқали тугун нукта кўринишидаги мувозанат ҳолига келади. F_{NO} нинг ортиши, бошқа параметрларнинг ўзгармас деб олганимизда, O_3 нинг 2-жадвалга мувофиқ ортишига олиб келади.

Шу билан бирга тропосфера кимёси моделининг дифференциал тенгламалар тизими чизикли эмас.

2-жадвалда келтирилган тропосфера кимёси моделининг ночизиклилик хусусияти 2-6 км баландликда жойлашган ўрта тропосферага мос келадиган реакция тезлиги доимийлари, кириш ва йўқотишлар қийматлари асосида NO_x (F_{NO}) кириш оқимини ўзгариши орқали кўриб чиқилди.

Ҳисоб натижалари F_{NO} нинг аста-секин ўсиши моделнинг барқарор мувозанат ҳолатини даврий тебранишга, даврнинг иккиланишига (бифуркация), иккиланишларнинг каскадига ва сўнгра хаосга олиб келади. Азот оксиди NO (F_{NO}) нинг эмиссиясига боғлиқ равишда $10^3 < F_{\text{NO}} \leq 7.98 \times 10^4$ (молекула/ cm^3c) оралиғидаги модел мувозанат ҳолатида бўлиши ва тугун

нуктага интилиши аниқланди. $7.99 \times 10^4 < F_{NO} < 1.1 \times 10^5$ оралиғида модел тебранма ҳаракатда бўлиб, сўнгги циклга интилади ва $1.1 \times 10^5 \leq F_{NO}$ бўлганда иккиланишлар каскади орқали аperiодик (хаотик) аттракторга ўтади.

2-жадвал

F_{NO} га боғлиқ равишда ер сирти яқинидаги озоннинг тугун нукталардаги қиймати

№	F_{NO} , молекула/см ³ с	O ₃ нинг мувозанатланган қиймати, молекула/см ³
1.	$1,0 \cdot 10^3$	$8,7 \cdot 10^{11}$
2.	$2,5 \cdot 10^3$	$18,3 \cdot 10^{11}$
3.	$5,0 \cdot 10^3$	$30,2 \cdot 10^{11}$
4.	$7,5 \cdot 10^3$	$39,5 \cdot 10^{11}$
5.	$1,0 \cdot 10^4$	$47,3 \cdot 10^{11}$

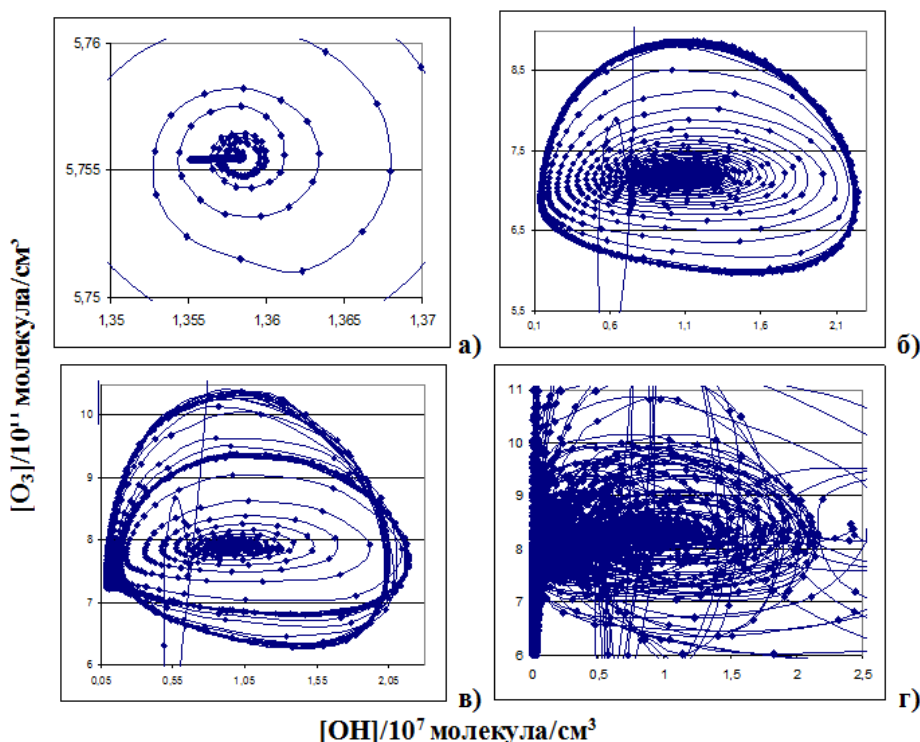
4-расмда [O₃] нинг [ОН] га боғлиқ равишда ўзгаришининг $F_{NO}=7.98 \times 10^4$ молекула/см³с (мувозанат ҳолати, жараён тугун нуктага интилади), $F_{NO}=1.0 \times 10^5$ молекула/см³с (даврий тебраниш, жараён чегара циклига интилади), $F_{NO}=1.1 \times 10^5$ молекула/см³с (бифуркация, циклнинг иккиланиши) ва $F_{NO}=1.16 \times 10^5$ молекула/см³с (хаотик ҳаракат) даги фазавий тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг "Характеристик илдизлар бўйича регрессия асосида турли даврлардаги озонни прогнозлаш модели" деб номланган тўртинчи бобида характеристик илдизларда (хос сонларда) қурилган регрессия тенгламасидан фойдаланиб озон концентрациясини прогнозлаш учун динамик-стохастик прогноз модели келтирилган.

Характерли илдизлар бўйича регрессия усули алтернатив регрессия моделларини куриш ва X предиктор ўзгарувчиларини танлаш учун бош компонентлар усулининг ривожланиши ҳисобланади. Унинг бош компонентлар бўйича регрессиядан фарқи ўзига предиктор ўзгарувчилари орасидаги корреляция коэффициентларидан ташқари, уларнинг ва боғлиқ ўзгарувчи (предиктант) Y ўртасидаги корреляция коэффициентларини олган матрицани куришдадир. Боғлиқ ўзгарувчилар матрицага тартиб бўйича биринчи қилиб жойлаштирилади, яъни:

$$\mathcal{X}^* = (\eta, \mathcal{X}), \quad (1)$$

бу ерда $\eta = \frac{(Y - 1\bar{Y})}{\sqrt{\sigma_{YY}}}$, $\sigma_{YY} = \sum_i (Y_i - \bar{Y})^2$. (1) дан $\mathcal{X}^{*T}\mathcal{X}^*$ – кенгайтирилган корреляцион матрица эканлиги келиб чиқади. Бу матрица учун асосий компонент усулида бўлгани каби хос сонлар λ_j ва хос векторлар Φ_j ҳисобланади.



4-расм. $[O_3]$ нинг $[OH]$ га боғлиқ ўзгариши.

- а) – $F_{NO}=7.98 \times 10^4$ молекула/см³с, б) – $F_{NO}=1.0 \times 10^5$ молекула/см³с,
 в) – $F_{NO}=1.1 \times 10^5$ молекула/см³с, г) – $F_{NO}=1.16 \times 10^5$ молекула/см³с.

Амалий нуқтаи назардан, энг самарали ёндашув, чиқариш процедурасини қўллашдир, унга асосан биринчи боскичда максимал компонентлар ҳисобга олинади, сўнгра улар бирин кетин чиқариб юборилади, ҳар бир боскичда регрессия моделининг тўғрилигини баҳолаш амалга оширилади. Регрессия моделининг яқуний шакли $0,1,\dots,q-1$ рақамлари билан биринчи q компоненталарининг чиқариб юборилишини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Y^* = b_0 + \sum_{i=q}^l b_i X_i, \quad (2)$$

бу ерда $b_k = -c \sum_{j=q}^l \varphi_{0j} \lambda_j^{-1} \varphi_{kj}$, ($k=1,2,\dots,l$), $b_0 = \bar{Y}$, $c = \text{const}$, $c = \left(\sum_{j=q}^l \varphi_{0j}^2 \lambda_j^{-1} \right)^{-1} \sigma_{YY}$ ифодаси орқали аниқланади.

Физикавий ёндашув нуқтаи-назаридан озон концентрациясининг прогностик моделини ишлаб чиқишда предиктор сифатида маълум даражада экспериментал маълумотлар билан тасдиқлангани учун ҳаво ҳарорати, намлик (ёғингарчилик), қуёш радиацияси ва қуёш фаоллиги ҳолати (Вольф сони) танланди.

2005-2016 йиллар давридаги тропосфера озонининг ўртача ойлик қийматларини вақт бўйича ўзгариши, автокорреляцион функциялари ва тебраниш спектрлари, шунингдек мазкур параметрларни Вольф сони, ер сиртидаги ҳаво ҳарорати ва ёғингарчиликлар учун ҳисоби, тропосфера озонининг ўзгарувчанлиги қуёш фаоллиги, ҳаво ҳарорати ва ёғингарчиликлар вариацияси билан ўзаро боғлиқлигини кўрсатди (5-расм).

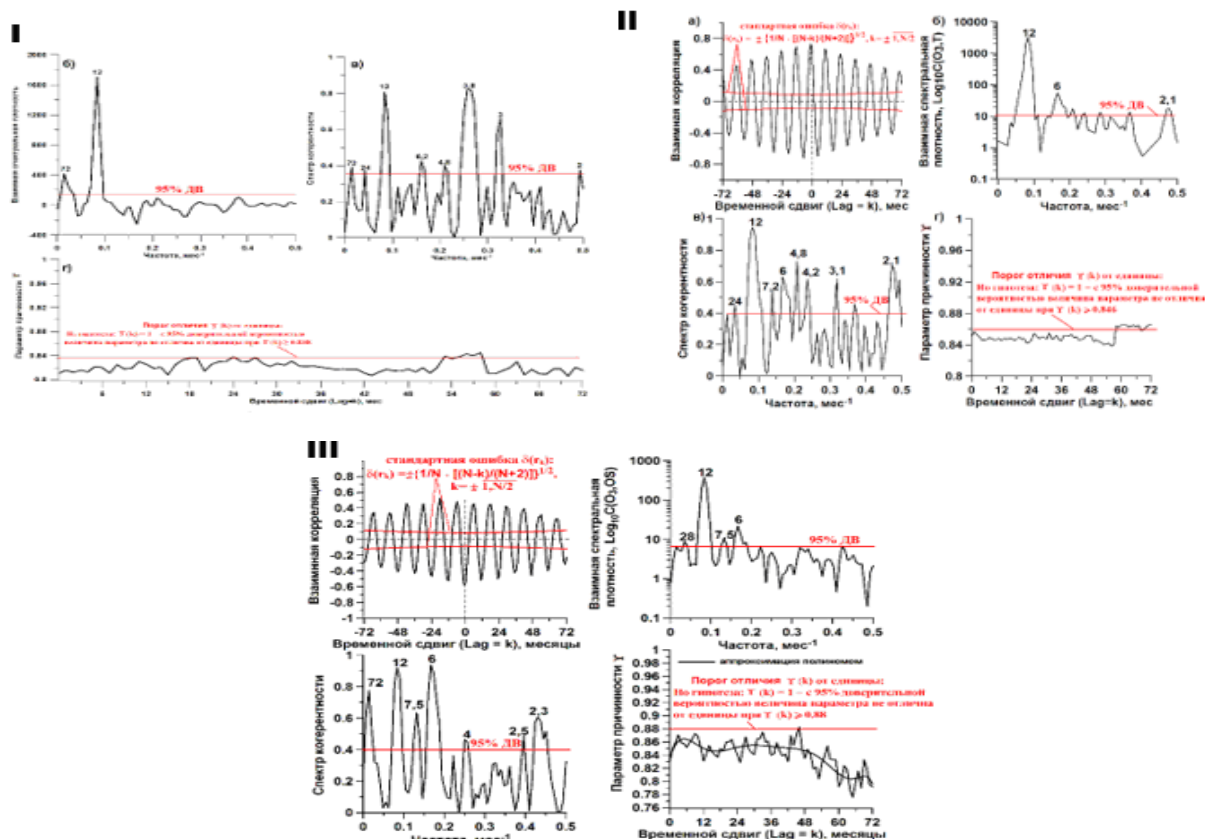


Рис.5. Ўртача ойлик тропосфера озони, Вольф сони (I), харорат (II) ва ёгингарчиликлар (III) орасидаги ўзаро корреляцион функциялари (а), спектрал зичликлар (б, в) ва сабаблик функцияси (г).

Тропосфера озони ўзгарувчанлигининг кўриб чиқилаётган параметрлар билан аниқланган боғланиши, уни озон концентрациясини прогнозлаш учун динамик-стохастик моделни куришда фойдаланиш имконини берди.

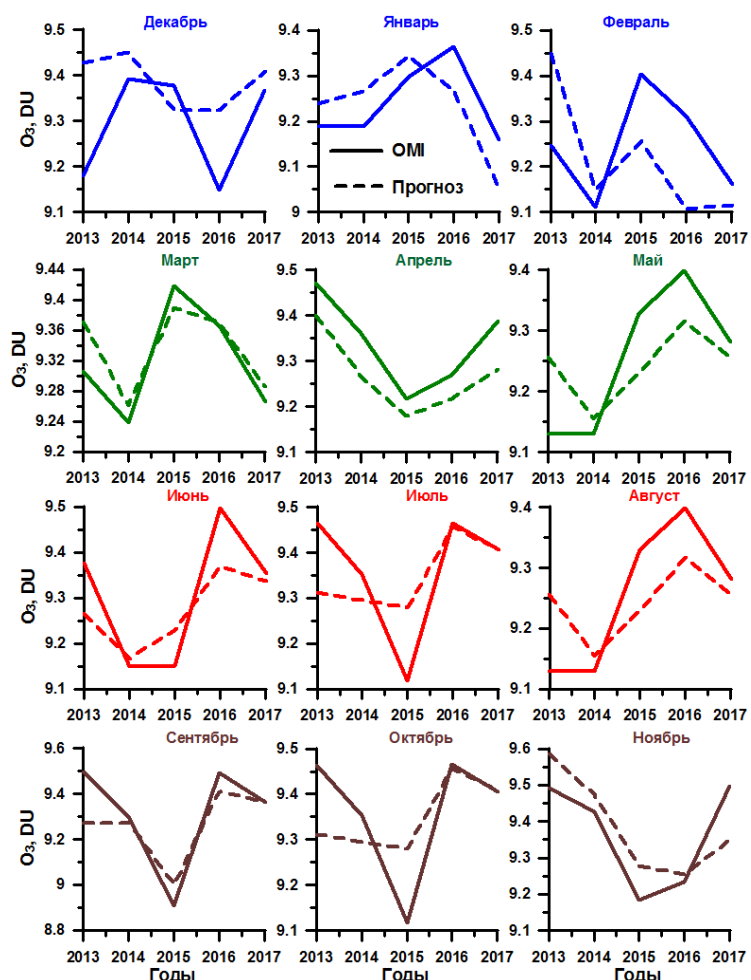
Таклиф этилган прогнозлашнинг регрессия моделига мувофиқ «Fortran PowerStation version 4.0» дастурий комплексида алгоритм ишлаб чиқилди ва сонли экспериментлар ўтказилди.

2013-2017 йил январь-декабрь ойлари учун ер сирти яқинидаги озон концентрациясини прогнозлаш натижалари тегишли давр учун ОМІ маълумотлари билан бирга б-расмда ва прогнозлаш аниқлигининг миқдорий баҳолашлари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвалдаги статистик баҳолашлардан регрессия моделининг аниқлиги анча юқори эканлигини кўриш мумкин.

Шундай қилиб, ўзаро корреляцион, спектрал ва сабабият функцияларининг миқдорий баҳолашлари билан тасдиқланган озоннинг шаклланиши (емирилиши) динамикасига таъсир этадиган ташқи (куёш радиацияси, куёш фаоллигининг ўзгариши ва бошқалар) ва ички (харорат, намлик, ёгингарчилик, булутлилик) омиллар прогнозлашнинг динамик-стохастик регрессия моделини ишлаб чиқиш имконини берди.

Регрессия моделининг юқорида кўрсатилган аниқлиги уни операцион режимда тўғридан-тўғри ишлатиш мумкинлигини кўрсатади.



6-расм. ОМІ ва унинг 2013-2017 йиллардаги прогнозига биноан ер сирти яқинидаги озон концентрациясининг ўртача ойлик қиймати.

3-жадвал

Ер сирти яқинидаги озон концентрациясини прогнозлашнинг регрессион модели аниқлигини миқдорий баҳолашлари

Ой	$ \Delta _{\max}$	Δ	$\sigma_{\text{ОМІ}}$	$\sigma_{\text{прог}}$	σ	$R_{\text{об}}$	Хатолик
Декабрь	0,248	-0,094	0,118	0,060	0,141	0,779	0,130
Январь	0,107	0,006	0,087	0,107	0,176		
Февраль	0,205	0,031	0,116	0,143	0,148		
Март	0,028	-0,017	0,073	0,058	0,034		
Апрель	0,095	0,072	0,099	0,083	0,073		
Май	0,083	0,011	0,121	0,058	0,082		
Июнь	0,112	0,033	0,151	0,081	0,083		
Июль	0,162	0,011	0,144	0,077	0,103		
Август	0,285	0,040	0,121	0,051	0,143		
Сентябрь	0,224	0,049	0,241	0,159	0,116		
Октябрь	0,354	0,015	0,171	0,081	0,212		
Ноябрь	0,145	-0,022	0,147	0,140	0,092		

Изох: $|\Delta|_{\max}$ - абсолют максимал хато; Δ - ўртача арифметик хато; $\sigma_{\text{ОМІ}}$ - ОМІ маълумотларининг дисперсияси; $\sigma_{\text{прог}}$ - башорат кўрсаткичларининг дисперсияси; σ - ўрта квадратик хато; $R_{\text{об}}$ - барча бажарилган башоратлар бўйича умумий корреляция коэффиценти.

ХУЛОСА

Бажарилган тадқиқот натижаларининг таҳлили қуйидагиларни кўрсатди:

1. Сунъий йўлдошлардан фойдаланган ҳолда ўлчаш усуллари дунёнинг исталган жойида озон концентрацияси тўғрисидаги маълумотларни узлуксиз равишда олиш имкониятини беради. OMI/MLS, GOME-OMI, OMI-SAO, OMI-RAL, IASI-FORLI ва IASI-SOFRID сунъий йўлдош асбоблари ёрдамида олинган маълумотларни озонозонд маълумотлари билан солиштирма таҳлил қилинганда, улар орасидаги четланиш 15% дан ошмаслигини кўрсатади. OMI/MLS асбоблари ёрдамида олинган маълумотлар энг яхши мосликни беради.

2. Aura сунъий йўлдошининг OMI/MLS асбобларидан олинган маълумотларнинг Ўзгидромет маълумотлари билан солиштирма таҳлили Ўзгидрометнинг ер сирти яқинидаги озон концентрацияси (етти ой учун) ва OMI/MLS маълумотлари бўйича тропосфера озони устунининг ўртача концентрацияси мос (ўртача четланиш 8%) келишини кўрсатди. Экстраполяция процедураси асосида OMI/MLS маълумотлари ёрдамида Ўзгидрометнинг ер сирти яқинидаги озон концентрацияси бўйича мавжуд бўлмаган маълумотлари тикланди. Шу билан бирга, Ўзгидромет ва OMI/MLS маълумотларининг йил давомидаги ўртача четланиши 10% ни ташкил этди, бу шубҳасиз мақбул натижа ҳисобланади.

3. Таклиф қилинган тропосфера газлари концентрацияси моделининг ночизикли дифференциал тенгламалар тизимини ҳисоблаш усули тавсия этилди. Мазкур модель асосида ҳисобланган O_3 , CO, NO ва NO_2 ларнинг қийматлари Ўзгидромет маълумотлари билан солиштирма таҳлил қилинди. Қабул қилинган бошланғич маълумотлар, тизимга кириш ва йўқотиш коэффициентлари билан ер сирти яқинидаги озоннинг қийматлари фарқи 2,5 ppb ёки 7,1%, CO, NO ва NO_2 қийматлари мос равишда 1,6 ppb, 0,11 ppb, 0,21 ppb, ёки 2%, 61% ва 70% бўлишини кўрсатди.

4. Солиштирма таҳлил қабул қилинган бошланғич маълумотлар, реакция тезлиги, кириш ва йўқотиш қийматлари билан таклиф қилинган тропосфера кимёси модели ер усти қатламида (Тошкент ш.) содир бўладиган фотохимёвий жараёнларни адекват равишда ифодалайди ва ундан ер сирти яқинидаги озонни баҳолашда фойдаланиш мумкинлиги кўрсатилди.

5. Озон динамикасига корреляция, спектрал ва сабабият функциялари баҳолашлари билан кўрсатилган ташқи (куёш радиацияси, куёшнинг фаоллиги ва бошқалар) ва ички омилларнинг (харорат, намлик, ёғингарчилик, булутлилик) таъсири ўзаро озон концентрациясини прогнозлашда характеристик илдизлар бўйича регрессия моделини ишлаб чиқиш ва қўллаш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 27.06.2017.G.47.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ЦЕНТРА
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА ПО
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

ШЕРМУХАМЕДОВ УЛУГБЕК АБДУЛАЗИЗОВИЧ

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ
СТРУКТУРА СОДЕРЖАНИЯ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА НА
ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА НА ОСНОВЕ НАЗЕМНЫХ И
СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ**

11.00.04 – Метеорология. Климатология. Агрометеорология

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ГЕОГРАФИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2019.3.PhD/Gr75.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.meteo.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Арушанов Михаил Львович,**
доктор географических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Абдуллаев Аъло Каюмходжаевич,**
доктор географических наук, профессор
Ни Анатолий Александрович,
кандидат географических наук

Ведущая организация: **Наманганский государственный университет**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 года в ___ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.G.47.01 при Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте. (Адрес: 100052, г.Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел.: (+998) 71-135-85-12, факс: (+998) 71-237-13-13; e-mail: nigmi@albatros.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке Научно-исследовательского гидрометеорологического института (зарегистрирована за № ___). Адрес: 100052, г.Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел.: (+998) 71-135-85-12, факс: (+998) 71-237-13-13; e-mail: nigmi@albatros.uz).

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2019 года.
(реестр протокола рассылки № __ от «___» _____ 2019 года).

В.Е.Чуб

Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.г.н.

Б.Э.Нишонов

Учёный секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, к.т.н.

С.В.Мягков

Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Сегодня на нашей планете, в связи с глобальным изменением климата и деятельности человека наблюдается увеличение концентрации тропосферного озона и его прекурсоров. В отчетах международного института воздействия на здоровье подчеркивается, что приземной озон отрицательно влияет на здоровья людей, воздействуя на преждевременную смерть и инвалидность от хронической обструктивной болезни легких⁴. Кроме того, приземной озон отрицательно влияет на экосистему нашей планеты и урожайности в сельском хозяйстве⁵. Такое положение указывает на необходимость усовершенствования методов определения пространственно-временной структуры содержания приземного и тропосферного озона, а также оценки вклада воздействий ряда естественных динамического и гелиогеофизического факторов на изменчивость озона.

В мировом масштабе приоритетное внимание уделяется научным исследованиям в направлении определения пространственно-временной структуры содержания приземного и тропосферного озона на базе наземных и спутниковых измерений. В данном направлении, в частности, для мониторинга используют методы измерения вертикальных профилей тропосферного озона с помощью озонзондов, коммерческих воздушных судов, наземных приборов дистанционного зондирования, спутниковых приборов, определяют взаимодействие климата и химии атмосферы с помощью полностью связанных моделей метеорологии и химии в глобальном, региональном и местном масштабах, определяют пространственно-временную изменчивость озона, чутко реагирующего на изменения радиационного и термобарического полей атмосферы, используют эти данные также в задачах анализа и прогноза атмосферных процессов.

В нашей республике осуществляется ряд мероприятий, направленных на уменьшение выбросов химических элементов разрушающих озоновый слой в стратосфере и увеличивающих концентрацию озона в тропосфере и достигнуты существенные положительные результаты. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017–2021 годах «принятие системных мер по смягчению негативного воздействия глобального изменения климата и высыхания Аральского моря на развитие сельского хозяйства и жизнедеятельности населения»⁶ обозначены как основные задачи. В связи с этим, актуальное значение приобретают исследования, направленные на изучение условий формирования потенциально высоких значений приземной концентрации озона, всесторонний анализ выявленных причин изменчивости озона в пространстве и во времени, что позволит принять дополнительные меры по предотвращению нарушения экологического равновесия в окружающей природной среде.

⁴ Health Effects Institute: State of Global Air / Heal. Eff. Inst., N15, 2017. – 78 p.

⁵ www.igacproject.org/activities/TOAR.

⁶ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах» от 7 февраля 2017 года

Диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах» от 7 февраля 2017 года и № УП-5066 «О мерах по коренному повышению эффективности системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 1 июня 2017 года, Постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-3956 «О дополнительных мерах по совершенствованию системы государственного управления в сфере экологии и охраны окружающей среды» 3 октября 2018 года и № ПП-3029 «Об организационных мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан» 2 июня 2017 года, и другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: V «Сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды», VIII «Науки о Земле».

Степень изученности проблемы. Вопросами пространственно-временной изменчивости тропосферного и приземного озона занимались в основном зарубежные ученые, такие, как Gaudel A., Cooper O.R., Tilmes S., Lamarque J.-F., Emmons L.K., Kinnison D.E., Henze D., Granados-Muñoz M.J., Leblanc T., Ziemke J., A. Rozanov (США), Tarasick W. (Канада), Hakim Z.Q., Archer-Nicholls S., Folberth G.A. (Великобритания), Ancellet G., Barret B., Boynard A., Clerbaux C., Cuesta J., Dufour G., F. Ebojje (Франция), Burrows J.P., M. G. Schultz (Германия), Coheur P.-F. (Белгия), Kalabokas P. (Греция), Akimoto H., Sudo K., Tanimoto H., Deushi M., (Япония), Beig G., Ghude S (Индия), Lin W., Liu J., Xu X., Mahieu E. (Китай), Bak J., Baek K.-H., Kim J.-H., Liu X., Kim J. (Южная Корея), Белан Б.Д., Звягинцев А.М., Аршинов М.Ю., Давыдов Д.К., Шалыгина И.Ю., Кузнецова И.Н., Лапченко В.А., Еланский Н.Ф., Терёб Н.В., Милехин Л.И. (Россия) и др. В этих работах обобщаются многолетние данные наземных (озонзонды, Lidары), воздушных (воздушные суда) и спутниковых измерений, приводятся последние достижения в сфере моделирования сложных фотохимических и транспортных процессов связанных с озоном и его прекурсоров.

В Узбекистане отдельными вопросами данной проблемы занимались Абдурахимов Б.Ф., Равшанов Н., Радкевич М.В., Шарипов Д.К., Азизова Р.Г., Насимов Х.М. и другие. В этих исследованиях основное внимание уделено разработкам методов мониторинга и прогноза загрязнения атмосферы промышленными предприятиями, автомобильно-дорожным комплексом, определения различных газов в атмосфере, моделированию гидродинамических процессов в атмосфере. Однако, в перечисленных выше работах задачи определения пространственно-временной изменчивости тропосферного и приземного озона, а также их прекурсоров не рассматривались.

Данное исследование посвящено разработке методов получения и обработки спутниковых данных, решению модели тропосферной химии и прогностической модели, позволяющих определить пространственно-временную изменчивость тропосферного и приземного озона на территории Республики Узбекистан.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационные исследования были проведены в соответствии с планом научно-исследовательских работ в рамках проекта Ф-4-52 по теме “Разработка нетрадиционных методов исследования нелинейных явлений в технических и экологических системах” (2012-2016 гг.).

Целью диссертационной работы является определение пространственно-временной структуры содержания приземного и тропосферного озона на территории Республики Узбекистан на базе наземных и спутниковых измерений, а также оценка вклада воздействий ряда естественных факторов динамического и гелиогеофизического характера в изменчивость исследуемой величины.

Задачи исследования:

анализ современного состояния исследований спутниковых измерений общего и тропосферного озона;

разработка методики и алгоритма для получения и обработки спутниковых данных;

разработка математической модели на основе фотохимических процессов для расчета изменения озона в тропосфере;

разработка прогностической модели концентрации озона различной заблаговременности на основе регрессии на характеристических корнях;

сопоставительный анализ результатов измерений различными спутниками концентрации озона в атмосфере в точке с координатами г.Ташкента, данных спутниковых и наземных измерений, модели тропосферной химии и прогностической модели с натурными данными.

Объектом исследования являются тропосферный и приземный озон.

Предметом исследования является непрерывный мониторинг за изменением озона в нижних слоях атмосферы.

Методы исследования. В процессе исследования использованы методы анализа и синтеза, математической статистики, численного расчета жестких систем дифференциальных уравнений, компьютерного моделирования, корреляционного, спектрального и регрессионного анализов. При обработке спутниковых данных и решении дифференциальных уравнений использованы приложения программного пакета MatLab.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны алгоритм получения и обработки данных тропосферного озона из архива спутника Aura и скрипты на языке Matlab для чтение и работы с данными научных форматов netCDF и HDF;

разработана методика расчета нелинейной модели фотохимических реакций в тропосфере, позволяющая определить изменения озона и его прекурсоров в зависимости от притока оксида азота и оксида углерода, получить области равновесного, колебательного и хаотического состояния модели.

обоснован выбор коэффициентов модели тропосферной химии для приземного слоя г. Ташкента;

разработана регрессионная модель на характеристических корнях для прогноза концентрации озона, учитывающая воздействие на динамику озона внешних (солнечная радиация, вариации солнечной активности и пр.) и внутренних факторов (температура, влажность, осадки, облачность).

Практические результаты исследования заключается в следующем:

предложены новые источники данных измерения тропосферного озона на основе спутника Aura;

разработан алгоритм для непрерывного мониторинга озона в нижних слоях атмосферы на основе наземных и спутниковых данных;

создан архив данных стратосферного, тропосферного, общего и приземного озона для г. Ташкента;

разработан экстраполяционный метод для восстановление данных приземного озона на основе спутниковых данных измерения общего и тропосферного озона;

разработана компьютерная программа расчета нелинейной модели фотохимических реакций в тропосфере;

разработан программный комплекс прогноза концентрации озона с заданной заблаговременностью, в заданном пункте и слое атмосферы.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием современных методов исследования и измерительных приборов, при теоретических исследованиях применением численных методов высокой точности, а также сходимостью теоретических данных и данных измерений.

Научное и практическое значение результатов исследований.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные модели, методики и зависимости явились основой для получения непрерывных данных тропосферного и приземного озона, а также его прекурсоров.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности непрерывного мониторинга и прогноза тропосферного и приземного озона, а также его прекурсоров, разработке мероприятий по устранению негативного влияния озона на человека и растительность.

Внедрение результатов исследования. На основании результатов, полученных на основе изучения пространственно-временной изменчивости тропосферного и приземного озона на территории республики Узбекистан:

алгоритм получения и обработки данных тропосферного озона по данным измерения со спутника Aura и скрипты на языке Matlab для чтения и работы с данными научных форматов netCDF и HDF были внедрены в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан № 25-01/630 от 15 октября 2019 года). В результате алгоритм позволил экстраполяционной процедурой восстановить отсутствующие данные о концентрации приземного озона Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан за период 2005-2016 гг.;

методика расчета нелинейной модели фотохимических реакций тропосферного озона внедрена в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан № 25-01/630 от 15 октября 2019 года). В результате было определено с точностью до 93% изменения приземного озона в зависимости от притока оксида азота и оксида углерода;

обоснованные коэффициенты модели тропосферной химии для приземного слоя г. Ташкента внедрены в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан № 25-01/630 от 15 октября 2019 года). В результате на основе данной модели определены закономерности изменения концентрации химических элементов O_3 , CO, NO, NO_2 , OH и HO_2 для территории Узбекистана;

регрессионная модель на характеристических корнях для прогноза концентрации озона, учитывающая воздействие на динамику озона внешних (солнечная радиация, вариации солнечной активности и пр.) и внутренних факторов (температура, влажность, осадки, облачность) внедрена в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан № 25-01/630 от 15 октября 2019 года). В результате была достигнута возможность прогноза концентрации озона и ее использования в оперативном режиме в деятельности организации.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследований доложены и обсуждены на 3 международных и 1-ой республиканской научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ. Из них 5 научных статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК РУз для публикации, в том числе 1 в зарубежном, 4 в республиканских журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность выполненного исследования, уточнены цель и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие темы диссертации приоритетным

направлениям развития науки и технологии, изложена новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Обзор отечественных и зарубежных научных исследований по теме диссертации»**, рассмотрены основные свойства озона и единицы его измерения, проанализированы исследовательские работы по влиянию озона на растительность и здоровье человека, рекомендации всемирной организации здравоохранения по концентрации озона, методы исследования пространственно-временной динамики озона.

Вторая глава диссертации **«Наземные и спутниковые измерения озона»** рассмотрены вопросы, связанные с пространственным распределением метеорологических величин по территории Узбекистана, в той или иной степени, воздействующие на динамику образования (разрушения) тропосферного и приземного озона, методы измерений озона, в которых больший акцент делается на спутниковые методы зондирования озона. Поскольку образование (разрушение) озона в достаточной мере зависит от физико-географических условий, то в главе, вкратце, дается обзор физико-географических условий территории Узбекистана.

В Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (далее по тексту – Узгидромет) в течении многих лет проводились измерения наземного озона и его прекурсоров, таких как монооксид углерода, монооксид и диоксид азота. На рисунке 1а, приведены данные измерения средних значений приземного озона с апреля по октябрь за период от 2000 до 2016 годов в г. Ташкенте. Остальные месяцы, т.е. с ноября по март, не приводятся по причине отсутствия наблюдений.

Для использования данных приземного озона с целью оценки спутниковых данных и теоретической модели на рисунке 1б проведено усреднение по годам среднемесячных распределений.

Средние значения приземного монооксида углерода CO, приземного монооксида азота NO и диоксида азота NO₂ изменяются соответственно от 0,15 мг/м³ до 0,21 мг/м³ или 75 – 105 ppb (среднее за 2000-2016 года значение можно принять 0,16 мг/м³ или 80 ppb), от 0,00027 мг/м³ до 0,00045 мг/м³ или 0,135 – 0,225 ppb (среднее за 2000-2016 года значение можно принять 0,00036 мг/м³ или 0,18 ppb) и от 0,0005 мг/м³ до 0,00064 мг/м³ или 0,25 – 0,32 ppb (среднее значение можно принять 0,0006 мг/м³ или 0,3 ppb). Анализ работ по наблюдению состояния CO в различных регионах северного полушария земли, NO и NO₂ в странах Европы (Великобритания, Испания, Чехия, Нидерланды) показывают, изменение значений CO находится в пределах 60-200 ppb. NO в пределах 1-10 мкг/м³ (0,5-5 ppb), NO₂ в пределах 1-1,2 мкг/м³ (0,5-0,6 ppb).

Средняя Азия, в том числе Узбекистан, попадает в зону радиовидимости нескольких спутников, что дает возможность получить

данные от этих спутников и использовать их для дальнейшего анализа. К таким спутникам относятся: Aura, NOAA, Nimbus и т.д.

Загрузка и импорт данных выполнялись в оболочке пакета «МАТЛАБ». Полученные данные сохраняются в формате *.mat - формат «МАТЛАБ» и позволяют использовать для анализа озона в интересующих нас зонах планеты.

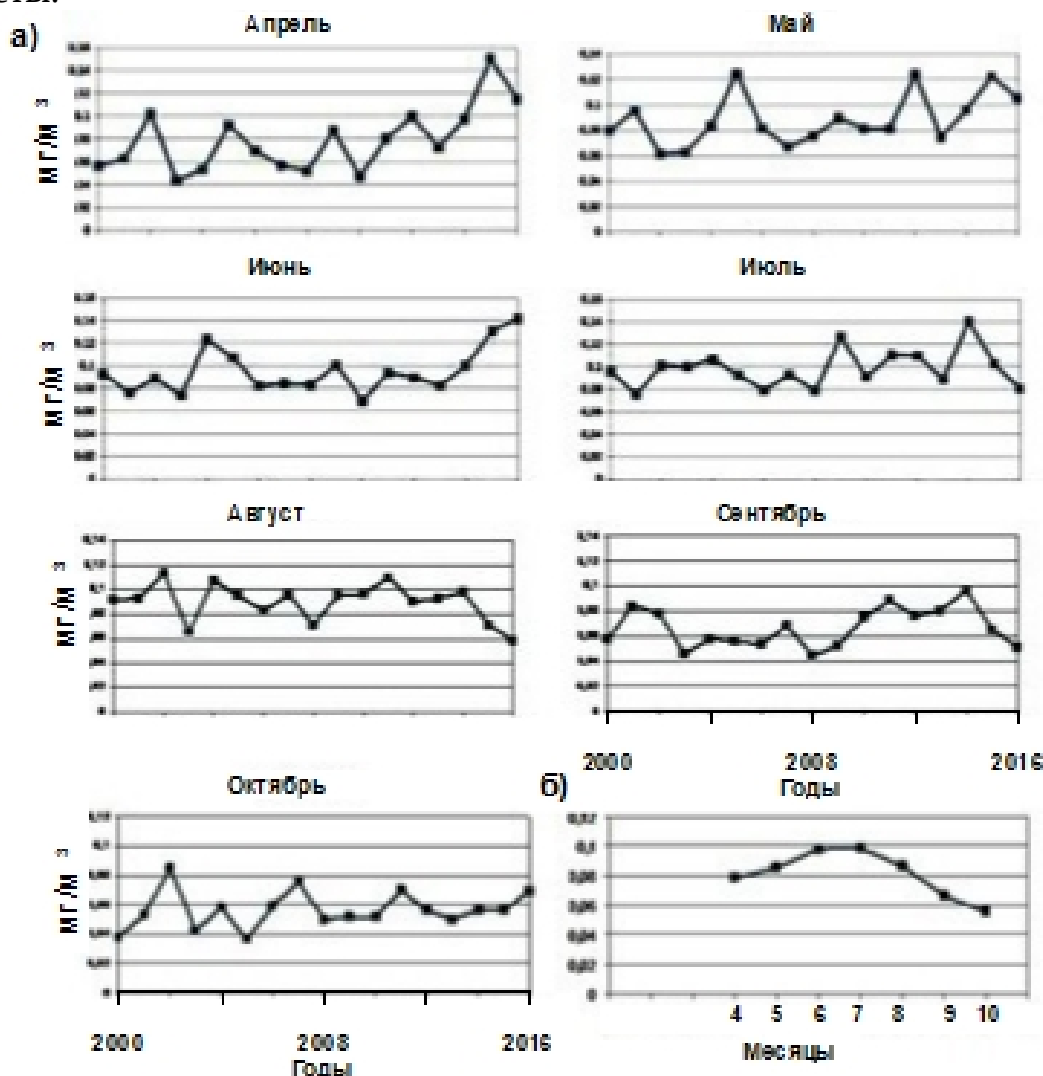


Рисунок 1. **а)** Временной ход среднемесячных значений приземного озона в г. Ташкенте; **б)** Многолетние среднемесячные значения приземного озона.

На рисунке 2 приведены результаты обработки данных спутниковых измерений осредненные данные годового хода среднемесячных значений тропосферного озона за 10 лет (с 2005 по 2014 гг). Этот период был выбран из-за того, что данные спутниковых измерений на этот период более полные, и их периоды наблюдений перекрываются.

Суммарный тропосферный озон, как по абсолютному значению, так и по годовому ходу имеет различие. Если по данным спутника Nimbus, значения изменяются от 49,6 DU (41,3 ppb) до 50,6 DU (42,2 ppb), то по данным спутника NOAA значения изменяются от 36,5 DU (30,4 ppb) до 38,5 DU (32,1 ppb). А по данным спутника Aura значения изменяются от 34,2 DU (28,5 ppb) до 56 DU (46,6 ppb).

Проведем оценку трёх спутниковых данных с измерениями Узгидромет. Данные Узгидромет, согласно рисунка 1б, изменяются от 27,6 до 49,2 ррб. Сопоставляя спутниковые данные и данные Узгидромет можно сделать вывод, что данные Nimbus относительно данных Узгидромет завышены, NOAA занижены, данные Aura имеют близкие значения.

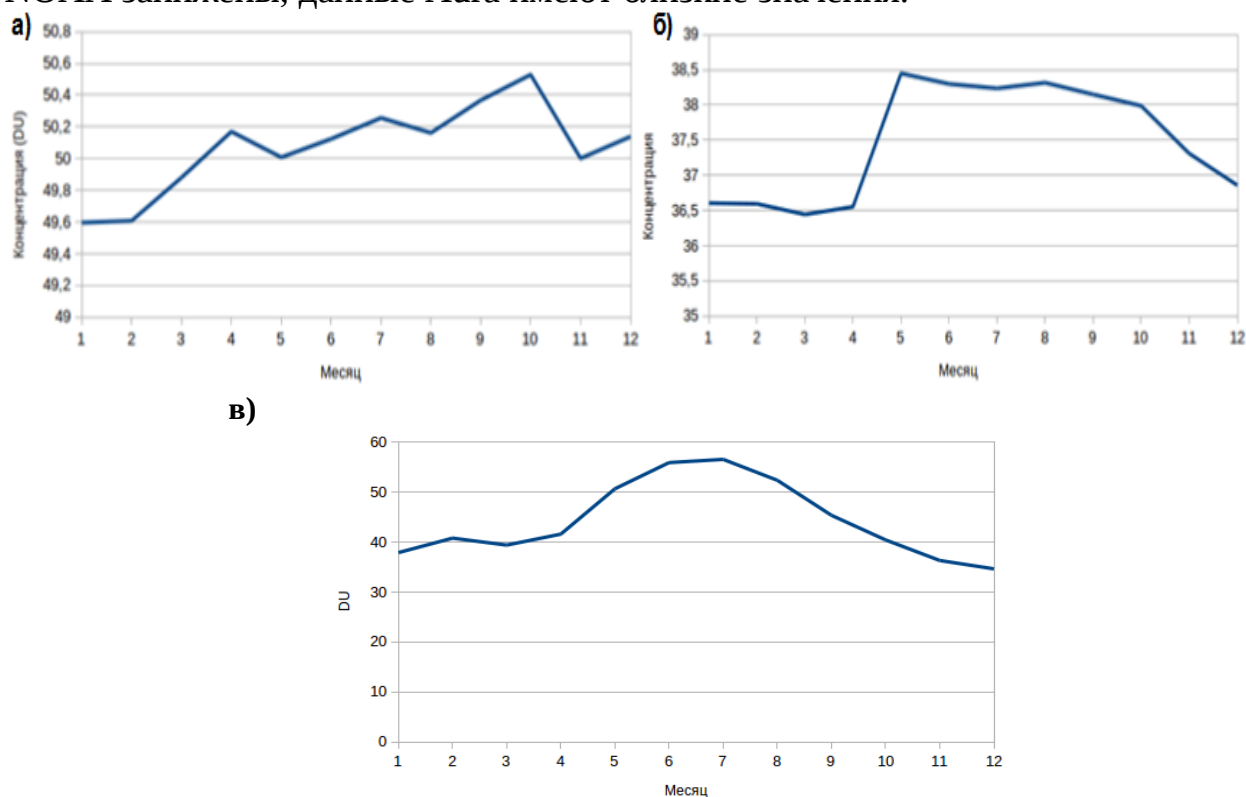


Рисунок 2. Годовой ход суммарной концентрации тропосферного озона по данным спутников Nimbus (а), NOAA (б) и Aura (в).

Сравним более детально данные OMI/MLS спутника Aura с данными Узгидромета с целью возможности использования спутниковых данных в дальнейших исследованиях и экстраполяции данных приземного озона Узгидромета для отсутствующих данных за 5 месяцев.

На рисунке 3 приведены данные годового хода средней концентрации тропосферного озона спутникового измерения и приземного озона измерений Узгидромета с апреля по октябрь месяцы (рисунок 3а) и данные Узгидромет с учетом экстраполированных значений остальных пяти месяцев (рисунок 3б). Графики показывают, что данные Узгидромет и OMI/MLS как за семь месяцев, так и за весь год, хорошо согласуются по ходу изменения средней концентрации тропосферного озона и приземного озона. Среднее отклонение значений для графиков рисунка 6 составляет 8% и для графиков рисунка 7 – 10%.

Третья глава диссертации **«Теоретическое исследование концентрации тропосферных газов»** посвящена изучению предложенной модели тропосферной химии с принятыми начальными данными, константами скоростей реакций, значений притока и потерь, проверке адекватности модели в сопоставлении с данными измерений, что позволяет

использовать её при оценке тропосферного озона. Исследование особенностей динамической системы, имеющей нелинейные свойства, заключается в выявлении переходных режимов на основе методов нелинейной динамики и теории хаоса. Показано, что изменение параметров динамической системы может привести к изменению сложного состояния равновесия к колебательному, а затем через бифуркации к детерминированному хаосу.

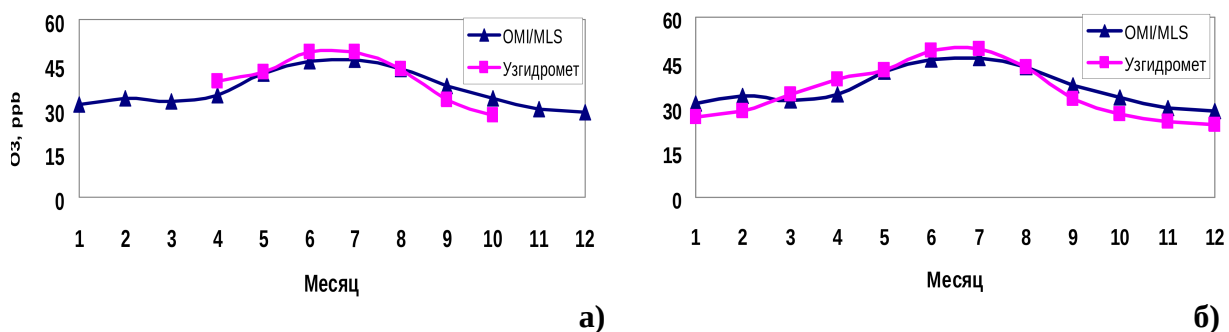


Рисунок 3. Годовой ход концентрации тропосферного озона спутникового измерения (OMI/MLS) и приземного озона измерений Узгидромет. а) – данные Узгидромета с апреля по октябрь месяцы; б) - данные Узгидромета с учетом выполненной экстраполяции.

Рассмотрим основные фотохимические реакции в тропосфере, которые влияют на образования и разрушении тропосферного озона. Выделим следующие химические элементы: OH, NO₂, O₃, NO, NO₂, CO и CH₄, участвующие в фотохимических реакциях, приведенных в таблице 1, там же приведены значения констант скоростей реакции и формулы Аррениуса. При записи реакций сделано предположение, что атмосферные CH₄, H₂O и O₂ остаются постоянными, а CO₂, H₂O₂ и HNO₃ конечными продуктами реакций.

В модель включены также значения физических источников (CO, NO, NO₂ и O₃) и потерь (NO, NO₂ и O₃). Элементы HNO₃, H₂O₂ и CO₂ являются продуктами реакции и не фигурируют в приведенных уравнениях.

Для решения данной системы дифференциальных уравнений разработана программа расчета в программной среде Matlab®7.11.0 (R2010b) с использованием метода Гира и ode15s.

Анализ изменения O₃, CO, NO, NO₂, OH и HO₂ в зависимости от времени показывает, что при принятых исходных данных и коэффициентов притока и потерь значения приземного озона составляет $8,8 \cdot 10^{11}$ молекула/см³ или 32,7 ppb.

Среднее за год значение приземного озона по данным измерения Узгидромет составляет 35,2 ppb. Сопоставляя расчетные значения с данными измерений получим значение 2,5 ppb, что составляет 7,1%. Значения CO, NO и NO₂ составили соответственно $21,1 \cdot 10^{11}$ молекула/см³, $18,2 \cdot 10^8$ молекула/см³, $24,2 \cdot 10^8$ молекула/см³ или 78,4 ppb, 0,067 ppb и 0,09 ppb, соответственно.

Сопоставим полученные теоретические данные с данными измерений Узгидромета. Средние значения для CO, NO и NO₂ по данным Узгидромета

составили 80 ppb, 0,18 ppb и 0,3 ppb. Разница между ними и расчетными значениями составляют соответственно 1,6 ppb, 0,11 ppb и 0,21 ppb, что соответствует 2%, 61% и 70%.

Таблица 1

Модель тропосферной химии

	Реакция			Норма параметра	Значение (298 K)	Формула Аррениуса k_{Ri} (T)
R1	$O_3+h\nu$	$H_2O \rightarrow$	$2OH+\{O_2\}$	k_{R1}, c^{-1}	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-10}$
R2	$NO_2+h\nu$	$O_2 \rightarrow$	$NO+O_3$	k_{R2}, c^{-1}	$1,6 \cdot 10^{-14}$	$1,6 \cdot 10^{-14} \cdot (T/300)^{-2,6}$
R3	$OH+O_3$	\rightarrow	$HO_2+\{O_2\}$	$k_{R3}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$7,3 \cdot 10^{-14}$	$1,7 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(-940/T)}$
R4	$OH+CO$	$O_2 \rightarrow$	$HO_2+\{CO_2\}$	$k_{R4}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$\sim 1,5 \cdot 10^{-12}$	$1,1 \cdot 10^{-12} \cdot (T/300)^{-1,3}$
R5	$OH+NO_2$	\rightarrow	$\{HNO_3\}$	$k_{R5}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-30} \cdot (T/300)^{-3,0}$
R6	$OH+CH_4$	$2O_2 \rightarrow$	$CO+HO_2+\{2H_2O\}$	$k_{R6}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$6,4 \cdot 10^{-15}$	$1,85 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(-1690/T)}$
R7	HO_2+O_3	\rightarrow	$OH+\{2O_2\}$	$k_{R7}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$1,9 \cdot 10^{-15}$	$1,0 \cdot 10^{-14} \cdot e^{(-490/T)}$
R8	HO_2+NO	\rightarrow	$OH+NO_2$	$k_{R8}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$8,0 \cdot 10^{-12}$	$3,3 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(270/T)}$
R9	HO_2+HO_2	\rightarrow	$H_2O_2+\{O_2\}$	$k_{R9}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-12}$	$3,0 \cdot 10^{-13} \cdot e^{(460/T)}$
R10	$NO+O_3$	\rightarrow	$NO_2+\{O_2\}$	$k_{R10}, cm^3 \text{ молекула}^{-1} c^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-14}$	$1,4 \cdot 10^{-12} \cdot e^{(-1310/T)}$
R11	источник	\rightarrow	CO	$F_{CO}, \text{ молекула } cm^{-3}c^{-1}$	переменное	
R12	источник	\rightarrow	O ₃	$F_{O_3}, \text{ молекула } cm^{-3}c^{-1}$	$6,0 \times 10^4$	
R13	источник	\rightarrow	NO	$F_{NO}, \text{ молекула } cm^{-3}c^{-1}$	переменное	
R14	источник	\rightarrow	CH ₄	$F_{CH_4}, \text{ молекула } cm^{-3}c^{-1}$	$4,2 \times 10^{13}$	
R15	NO	\rightarrow	потери	$L_{NO}, \text{ молекула } cm^{-3}c^{-1}$	$1,9 \times 10^{-8}$	
R16	NO ₂	\rightarrow	потери	$L_{NO_2}, \text{ молекула } cm^{-3}c^{-1}$	$7,2 \times 10^{-8}$	
R17	O ₃	\rightarrow	потери	$L_{O_3}, \text{ молекула } cm^{-3}c^{-1}$	$9,6 \times 10^{-8}$	

Система нелинейных дифференциальных уравнений модели тропосферной химии, приведенной в таблице 2, можно представить в виде:

$$\frac{d[CO]}{dt} = k_{R6}[CH_4][OH] - k_{R4}[CO][OH] + F_{CO},$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_{R2}[NO_2] - k_{R1}[O_3] - k_{R7}[HO_2][O_3] - k_{R10}[NO][O_3] - k_{R3}[OH][O_3] - L_{O_3}[O_3] + F_{O_3},$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = k_{R2}[NO_2] - k_{R10}[NO][O_3] - k_{R8}[HO_2][NO] - L_{NO}[NO] + F_{NO},$$

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = k_{R10}[NO][O_3] + k_{R8}[HO_2][NO] - k_{R2}[NO_2] - k_{R5}[HO][NO_2] - L_{NO_2}[NO_2],$$

$$\frac{d[HO]}{dt} = 2k_{R1}[O_3] + k_{R7}[HO_2][O_3] + k_{R8}[HO_2][NO] - k_{R4}[OH][CO] -$$

$$k_{R5}[OH][NO_2] - k_{R3}[OH][O_3] - k_{R6}[CH_4][OH],$$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = k_{R4}[OH][CO] + k_{R3}[OH][O_3] + 2k_{R6}[CH_4][OH] - k_{R7}[HO_2][O_3] -$$

$$k_{R8}[HO_2][NO] - k_{R9}[HO_2][HO_2],$$

$$\frac{d[CH_4]}{dt} = -k_{R6}[CH_4][OH].$$

Элементы HNO_3 , H_2O_2 и CO_2 являются продуктами реакции и не фигурируют в приведенных уравнениях.

Для решения данной системы дифференциальных уравнений разработана программа расчета в программной среде Matlab®7.11.0 (R2010b) с использованием метода Гира и ode15s.

Графики изменения O_3 , CO , NO , NO_2 , OH и HO_2 в зависимости от времени показали, что при принятых исходных данных и коэффициентов притока и потерь значения приземного озона составляет $8,8 \cdot 10^{11}$ молекула/см³ или 32,7 ppb.

Среднее за год значение приземного озона по данным измерения Узгидромет составляет 35,2 ppb. Сопоставляя расчетные значения с данными измерений получим значение 2,5 ppb, что составляет 7,1%. При этом значения CO , NO и NO_2 составили соответственно $21,1 \cdot 10^{11}$ молекула/см³, $18,2 \cdot 10^8$ молекула/см³, $24,2 \cdot 10^8$ молекула/см³ или 78,4 ppb, 0,067 ppb и 0,09 ppb, соответственно.

Сопоставим полученные теоретические данные с данными измерений Узгидромета. Средние значения для CO , NO и NO_2 по данным Узгидромета составили 80 ppb, 0,18 ppb и 0,3 ppb. Разница между ними и расчетными значениями составляют соответственно 1,6 ppb, 0,11 ppb и 0,21 ppb, что соответствует 2%, 61% и 70%.

Таким образом, результаты сопоставительного анализа показывают, что предложенная модель тропосферной химии с принятыми начальными данными, константами скоростей реакций и значений притока и потерь в целом адекватно описывает фотохимические процессы, происходящие в приземном слое (г. Ташкент). Значения приземного озона и монооксид углерода дают отклонения на 7,1% и 2%, монооксид и диоксид азота имеют расхождение на 61% и 70%, что относительно последних является неудовлетворительным результатом.

Предложенная модель тропосферной химии с принятыми начальными данными для приземного слоя имеет равновесное состояние, т.е. на возмущение в виде притока O_3 , CO , NO , система через переходный процесс, устанавливается в узловой точке. Увеличение F_{NO} при постоянстве других параметров, влечет за собой увеличение O_3 согласно таблице 2.

Вместе с тем, система дифференциальных уравнений модели тропосферной химии имеет нелинейный характер.

Рассмотрим нелинейное поведение модели тропосферной химии, приведенной в таблице 1, изменением притока NO_x (F_{NO}) при константах скоростей реакций, значений притоков и потерь соответствующих процессам в средней тропосфере, располагающейся на высоте 2-6 км.

Таблица 2

Значение узловых точек приземного озона в зависимости от притока F_{NO}

№	Приток F_{NO} , молекула/см ³ с	Установившееся значение O_3 , молекула/см ³
1.	$1,0 \cdot 10^3$	$8,7 \cdot 10^{11}$
2.	$2,5 \cdot 10^3$	$18,3 \cdot 10^{11}$
3.	$5,0 \cdot 10^3$	$30,2 \cdot 10^{11}$
4.	$7,5 \cdot 10^3$	$39,5 \cdot 10^{11}$
5.	$1,0 \cdot 10^4$	$47,3 \cdot 10^{11}$

Расчеты показали, что постепенное увеличение F_{NO} последовательно приводит устойчивое равновесное состояние модели к периодическому колебанию, удваиванию периода, каскаду удвоений и далее к хаосу. Установлено, что в зависимости от эмиссии оксида азота NO (F_{NO}) в интервале значений $10^3 < F_{NO} \leq 7.98 \cdot 10^4$ (молекула/см³с) модель является равновесной и стремится к узловой точке. В интервале значений $7.99 \cdot 10^4 < F_{NO} < 1.1 \cdot 10^5$ модель является колебательной со стремлением к предельным циклам и при $1.1 \cdot 10^5 \leq F_{NO}$ через каскад удвоений переходит в аperiodический (хаотический) аттрактор.

На рисунке 4 приведены фазовые портреты изменения $[O_3]$ от $[OH]$ при $F_{NO} = 7.98 \cdot 10^4$ молекула/см³с (равновесное положение, процесс стремится к узловой точке), $F_{NO} = 1.0 \cdot 10^5$ мол/см³с (периодическое колебательное, процесс стремится к предельному циклу), $F_{NO} = 1.1 \cdot 10^5$ молекула/см³с (бифуркация, удвоение цикла) и $F_{NO} = 1.16 \cdot 10^5$ молекула/см³с (хаотическое поведение).

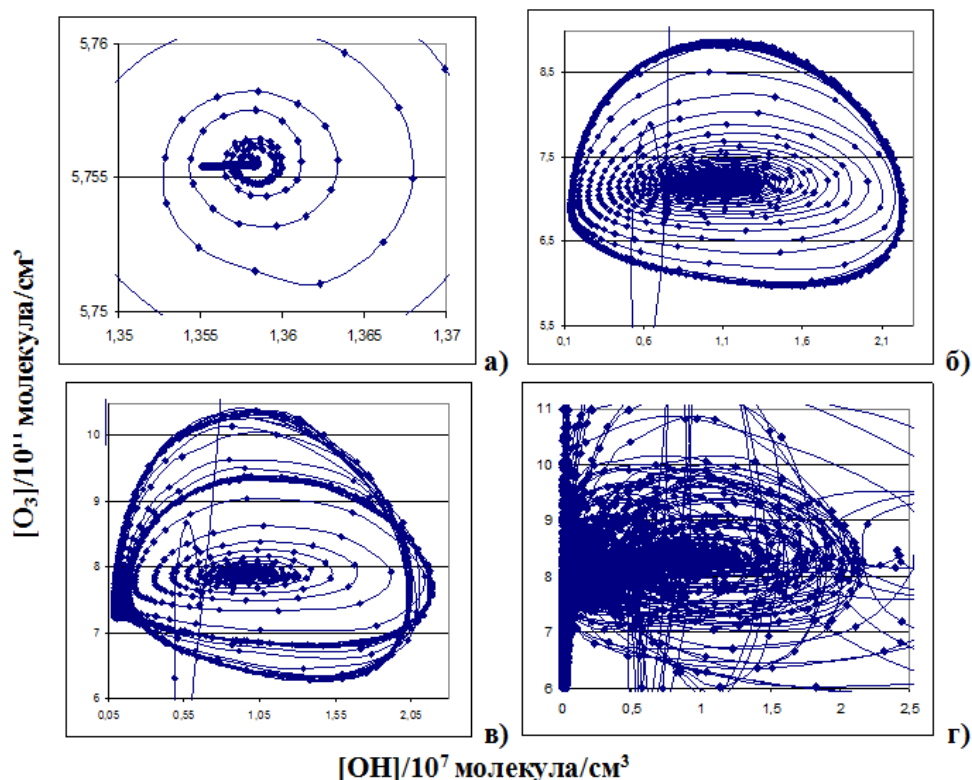


Рисунок 4. Зависимости изменения $[O_3]$ от $[OH]$ при $F_{NO} = 7.98 \cdot 10^4$ молекула/см³с (а), $F_{NO} = 1.0 \cdot 10^5$ молекула/см³с (б), $F_{NO} = 1.1 \cdot 10^5$ (в) и $F_{NO} = 1.16 \cdot 10^5$ молекула/см³с (г).

В четвертой главе диссертации «Прогностическая модель озона различной заблаговременности на основе регрессии на характеристических корнях» приводится прогностическая динамико-стохастическая модель прогноза концентрации озона с использованием регрессионного уравнения, построенного на характеристических корнях (собственных числах).

Метод регрессии на характеристических корнях, является развитием метода главных компонент для построения альтернативных регрессионных моделей и выбора предикторных переменных X . Его отличия от регрессии на главных компонентах состоит в построении расширенной корреляционной матрицы, включающей, по мимо коэффициентов корреляции между предикторными переменными, коэффициенты корреляции между последними и зависимой переменной (предиктантом) Y , поставленных в матрице первыми по порядку, т.е.

$$\mathfrak{X}^* = (\eta, \mathfrak{X}), \quad (1)$$

где $\eta = \frac{(Y - 1\bar{Y})}{\sqrt{\sigma_{YY}}}$, $\sigma_{YY} = \sum_i (Y_i - \bar{Y})^2$. Из (1) следует, что $\mathfrak{X}^{*\top} \mathfrak{X}^*$ – расширенная корреляционная матрица, для которой, как и в методе главных компонент, вычисляются собственные числа λ_j и собственные векторы φ_j .

Наиболее эффективный подход, с практической точки зрения, состоит в применении процедуры исключения, в которой на первом шаге учитывается максимальное количество компонент с дальнейшим их отбрасыванием и выполнением оценок точности регрессионной модели на каждом последующем шаге. Окончательный вид регрессионной модели с учетом исключения первых q компонент с номерами $0, 1, \dots, q-1$, следующий:

$$Y^* = b_0 + \sum_{i=q}^l b_i \mathfrak{X}_i, \quad (2)$$

где $b_k = -c \sum_{j=q}^l \varphi_{0j} \lambda_j^{-1} \varphi_{kj}$, $(k=1, 2, \dots, l)$, $b_0 = \bar{Y}$, $c = \left(\sum_{j=q}^l \varphi_{0j}^2 \lambda_j^{-1} \right)^{-1} \sigma_{YY}$.

При разработке прогностической модели концентрации озона из физических предпосылок, в определенной мере подтвержденных экспериментальными данными, нами в качестве предикторов выбраны температура воздуха, влажность (осадки), солнечная радиация, состояние солнечной активности (числа Вольфа).

Расчеты временного хода, автокорреляционных функций и спектров колебания среднемесячных значений тропосферного озона за период 2005-2016 годы, а также этих же параметров для чисел Вольфа, приземной температуры воздуха и осадков показали на причинную обусловленность изменчивости тропосферного озона вариациями солнечной активности, температурой воздуха и осадками (рис.5).

Полученная зависимость изменчивости тропосферного озона от рассмотренных параметров позволило использовать её в построении динамико-стохастической модели прогноза концентрации озона.

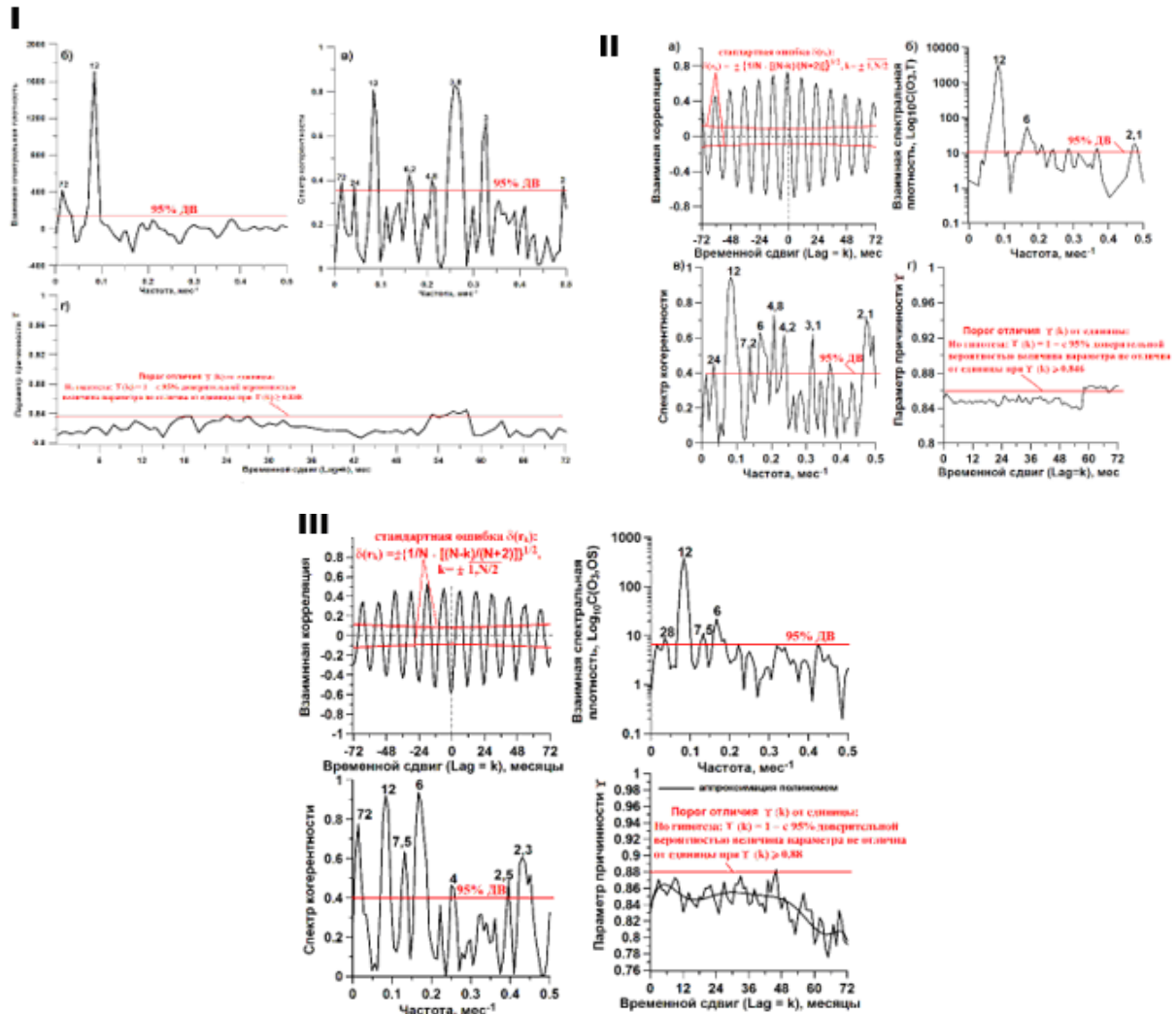


Рис.5. Взаимные корреляционные функции (а), спектральные плотности (б,в) и функции причинности (г) между среднемесячными значениями тропосферного озона и таковыми для чисел Вольфа (I), температуры (II) и осадков (III).

В соответствии с предложенной прогностической регрессионной модели был разработан алгоритм, реализованный в виде программного комплекса в оболочке «Fortran PowerStation version 4.0» и выполнены численные эксперименты.

Результаты прогнозов концентрации приземного озона на январь-декабрь месяцы 2013-2017 гг. приведены вместе с данными ОМІ за соответствующий период на рисунке 6, а количественные оценки точности прогнозов, выполненных на независимой выборке, – в таблице 3.

Как видно из статистических оценок таблицы 3 точность регрессионной модели достаточно высока.

Таким образом, воздействие на динамику образования (разрушения) озона внешних (солнечная радиация, вариации солнечной активности и пр.) и внутренних факторов (температура, влажность, осадки, облачность), подтвержденная расчетными оценками взаимных корреляционных, спектральных функций и функций причинности, позволило разработать

прогностическую динамико-стохастическую регрессионную модель, которая показали высокие оценки, что прямо указывает на возможность ее использования в оперативном режиме в работе соответствующих организаций.

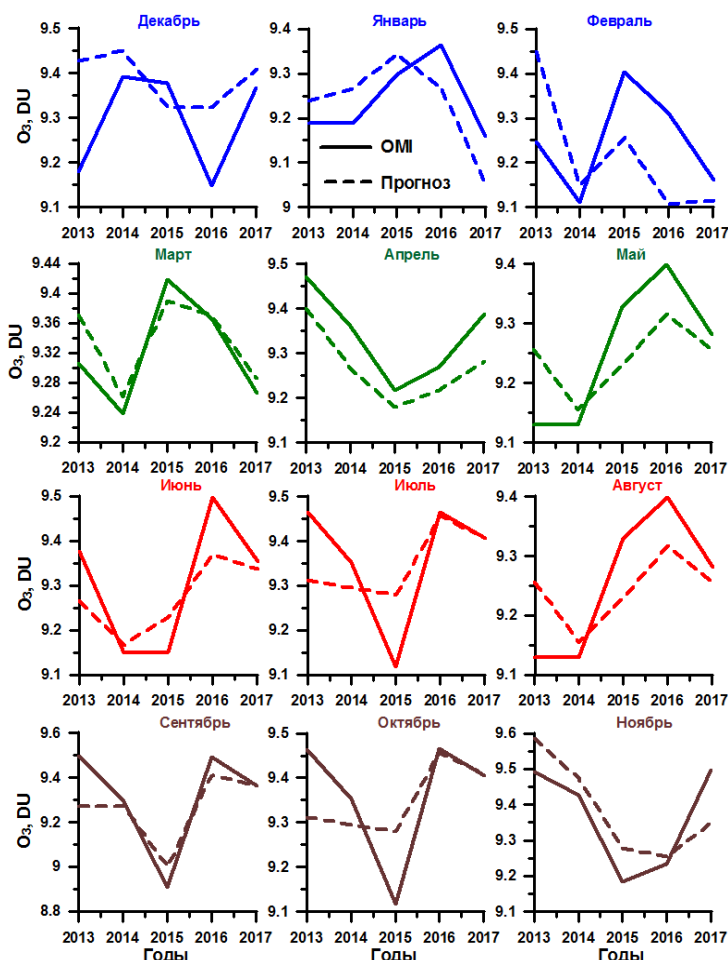


Рисунок 6. Временной ход среднемесячных значений концентрации приземного озона по данным ОМІ и его прогноза за период 2013-2017 гг.

Таблица 3

Количественные оценки точности регрессионной модели прогноза концентрации приземного озона

Месяц	$ \Delta _{\max}$	Δ	$\sigma_{\text{ОМІ}}$	$\sigma_{\text{прог}}$	σ	0,779	0,130
Декабрь	0,248	-0,094	0,118	0,060	0,141		
Январь	0,107	0,006	0,087	0,107	0,176		
Февраль	0,205	0,031	0,116	0,143	0,148		
Март	0,028	-0,017	0,073	0,058	0,034		
Апрель	0,095	0,072	0,099	0,083	0,073		
Май	0,083	0,011	0,121	0,058	0,082		
Июнь	0,112	0,033	0,151	0,081	0,083		
Июль	0,162	0,011	0,144	0,077	0,103		
Август	0,285	0,040	0,121	0,051	0,143		
Сентябрь	0,224	0,049	0,241	0,159	0,116		
Октябрь	0,354	0,015	0,171	0,081	0,212		
Ноябрь	0,145	-0,022	0,147	0,140	0,092		

Примечание: $|\Delta|_{\max}$ – абсолютная максимальная ошибка; Δ – средняя арифметическая ошибка; $\sigma_{\text{ОМІ}}$ – дисперсия данных ОМІ; $\sigma_{\text{прог}}$ – дисперсия значений прогноза; σ – среднеквадратичная ошибка; $R_{\text{об}}$ – общий коэффициент корреляции по всем выполненным прогнозам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ исследований по изучаемому вопросу показал:

1. Методы измерения с помощью спутников позволяют регулярно получать данные о концентрации озона в любой точки планеты. Сравнительный анализ спутниковых данных OMI/MLS, GOME-OMI, OMI-SAO, OMI-RAL, IASI-FORLI и IASI-SOFRID с данными озонзондов показывает имеющиеся отклонения до 15%. Результаты показывают хорошую сходимость данных с использованием приборов OMI;

2. Сравнительный анализ данных OMI/MLS спутника Aura с данными Узгидромета показал, что данные концентрации приземного озона Узгидромета (за семь месяцев) и средней концентрации озона в столбе тропосферы по данным OMI/MLS хорошо согласуются (среднее отклонение составляет 8%). Используя данные OMI/MLS, на основании экстраполяционной процедуры были восстановлены отсутствующие данные о концентрации приземного озона Узгидромета. При этом среднее отклонение данных Узгидромета и OMI/MLS за год составило 10%, что представляет, бесспорно, приемлемый результат.

Предложена модель фотохимических реакций тропосферных газов, включающая в себя семь химических элементов OH, HO₂, O₃, NO, NO₂, CO, CH₄, которые влияют на образование и разрушение тропосферного озона.

3. Разработана методика расчета системы нелинейных дифференциальных уравнений предложенной модели концентрации тропосферных газов. На основе разработанной модели проведен анализ значений приземного O₃, CO, NO и NO₂ в сопоставлении с данными Узгидромета. Результаты показали, что при принятых исходных данных и коэффициентов притока и потерь разница значений приземного озона составляет 2,5 ppb или 7,1 %, значений CO, NO и NO₂ составляют соответственно 1,6 ppb, 0,11 ppb, 0,21 ppb или 2%, 61% и 70%.

4. Результаты сопоставительного анализа показывают, что предложенная модель тропосферной химии с принятыми начальными данными, константами скоростей реакций, значений притока и потерь в целом адекватно описывает фотохимические процессы, происходящие в приземном слое (г.Ташкент), и её можно использовать для оценки приземного озона.

5. Воздействие на динамику озона внешних (солнечная радиация, вариации солнечной активности и пр.) и внутренних факторов (температура, влажность, осадки, облачность), проиллюстрированная оценками взаимных корреляционных, спектральных функций и функций причинности, позволило разработать и применить к прогнозу концентрации озона регрессионную модель на характеристических корнях.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc. 27.06.2017.G.47.01
AT THE HYDROMETEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE
OF THE CENTRE OF HYDROMETEOROLOGICAL SERVICE**

HYDROMETEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE

SHERMUKHAMEDOV ULUGBEK ABDULAZIZOVICH

**SPACE-TEMPORARY STATISTICAL SURFACE OZONE
CONTENT STRUCTURE ON THE TERRITORY OF
UZBEKISTAN BASED ON GROUND MEASUREMENT
AND SATELLITE DATA**

11.00.04 – Meteorology. Climatology. Agrometeorology

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PHD)
ON GEOGRAPHICAL SCIENCES**

Tashkent – 2019

The title of the doctoral dissertation (PhD) had been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2019.3.PhD/Gr75.

The dissertation has been prepared at the Hydrometeorological Research Institute.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English-resume) is available online on the www.meteo.uz and on the website "Ziyonet" information-educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific consultant:	Arushanov Mikhail Lvovich Doctor of Geographical Science, professor
Official opponents:	Abdullaev Alo Kayukhodzhaevich Doctor of Geographical Science, professor Ni Anatoly Alexandrovich, Candidate of Geographical Science
Leading organization:	Namangan State University

The defense of the dissertation will take place on ____ 2019 at ____ at the meeting of the Scientific Council for award Scientific degrees DSc.27.06.2017.G.47.01 at the Hydrometeorological Research Institute. (Address: 100052, Tashkent, 1st proezd Bodomzor yuli, 72. Tel. (+998) 71-135-85-12, fax: (+998) 71-237-13-13; e-mail: info@nigmi.uz).

PhD dissertation can be found at Scientific-technical library of the Research Hydrometeorological Institute (registered under №. ____). (Address: 100052, Tashkent, 1st proezd Bodomzor yuli, 72. Tel. (+998) 71-135-85-12, fax: (+998) 71-237-13-13; e-mail: info@nigmi.uz).

Abstract of dissertation has been distributed on «____» _____ 2019 year.
(Mailing report № __ on «____» _____ 2019 year).

V.E. Chub

Chairman of the Scientific council
for awarding scientific degrees,
Doctor of Geological Science

B.E. Nishonov

Scientific Secretary of the Scientific council
for awarding scientific degrees, PhD

S.V. Myagkov

Chairman of the Scientific seminar under
Scientific council for awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Science

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to determine the spatial and temporal structure of the surface and tropospheric ozone content in the Republic of Uzbekistan based on ground-based and satellite measurements, as well as to assess the contribution of a number of natural factors of a dynamic and heliogeophysical nature to the variability of the studied value.

The object of the research work is tropospheric and surface ozone.

The scientific novelty of the research work:

an algorithm has been developed for obtaining and processing tropospheric ozone data from the Aura satellite archive and scripts in the Matlab language for reading and working with data from scientific formats netCDF and HDF;

method for calculating a nonlinear model of photochemical reactions in the troposphere has been developed, which allows one to determine the changes in ozone and its precursors depending on the influx of nitric oxide and carbon monoxide, and to obtain regions of the equilibrium, vibrational, and chaotic state of the model;

substantiated the choice of coefficients of the tropospheric chemistry model for the surface layer of Tashkent;

a regression model was developed on characteristic roots for predicting ozone concentration, taking into account the effect on the dynamics of ozone of external (solar radiation, variations in solar activity, etc.) and internal factors (temperature, humidity, precipitation, cloud cover).

Implementation of research results.

An algorithm for obtaining and processing tropospheric ozone data from Aura satellite measurements and scripts in the Matlab language for reading and working with data from the scientific formats netCDF and HDF were implemented in Uzhydromet (reference Uzhydromet No. 25-01 / 630 of October 15, 2019). As a result, the algorithm allowed the extrapolation procedure to restore missing data on the concentration of surface ozone of Uzhydromet for the period 2005-2016;

a methodology for calculating the nonlinear model of photochemical reactions of tropospheric ozone was introduced at Uzhydromet (reference Uzhydromet No. 25-01 / 630 dated October 15, 2019). As a result, it was determined with accuracy to 93% the change in surface ozone depending on the influx of nitric oxide and carbon monoxide;

a reasonable choice of coefficients of the tropospheric chemistry model for the surface layer of the city of Tashkent (Uzhydromet certificate No. 25-01 / 630 dated October 15, 2019). As a result, this model was applied to the territory of Uzbekistan.

The structure and volume of the thesis.

The work consists of introduction, 4 chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-часть (I-бўлим, I-part)

1. Шермухамедов У.А., Шермухамедов А.А. Колебательное и хаотическое поведение упрощенной модели концентраций тропосферных газов. //Доклады АН РУз, №5, 2010, –С. 42-45 с. (11.00.00; №3).

2. Шермухамедов У.А., Шермухамедов А.А. Критерии равновесного, колебательного и хаотического поведения нелинейной модели концентраций тропосферного озона. //Доклады АН РУз, №1, 2015, –С. 33-37. (11.00.00; №3).

3. Шермухамедов У.А., Шермухамедов А.А. Методика расчета и критерии оценки нелинейной модели концентрации тропосферных газов //Ученые записки РГГМУ №44 – Метеорология. – 2017. – С. 180-186. (11.00.00; №10).

4. Шермухамедов У.А., Арушанов М.Л. Использование спутниковых измерений для мониторинга тропосферного озона в Узбекистане. //Известия Географического общества Узбекистана. 55-том.–2019.–С.181-185.(11.00.00;№6)

5. Шермухамедов У.А., Арушанов М.Л. Исследования гелиогеофизических факторов, влияющих на изменчивость тропосферного озона на основе данных ОМІ. //Проблемы вычислительной и прикладной математики. №2(20). –2019. –С.104-111. (01.00.00; №9)

II-часть (II-бўлим, II-part)

6. Шермухамедов У.А., Шермухамедов А.А. Устойчивое состояние в нелинейных моделях тропосферной химии. Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы развития автотранспорта и транспортных коммуникаций в Центрально-Азиатском регионе». Ташкент. ТАДИ, 8-9 ноября 2007. С.179-181.

7. Шермухамедов У.А. Сравнительный анализ спутниковых данных тропосферного озона для г. Ташкента. //Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXIV междунар. науч.-практ. конф. – № 5(24). – М., Изд. «МЦНО», 2019. С. 29-35

8. Шермухамедов У.А. Тенденции развития в исследовании тропосферного озона. Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции. В 3ч. Ч.1.–Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». –2019. С. 234-241.

9. Шермухамедов У.А., Тогаев А.А. Странные аттракторы, на примере модели Лоренца. Сборник материалов Республиканской научно – практической конференции “Вопросы развития автомобильно – дорожного комплекса Узбекистана”. 25-26 ноября 2010. С. 146-149.

10. Шермухамедов У.А., Тогаев А.А., Шермухамедов А.А. Компьютерная программа расчета жесткой системы нелинейных дифференциальных уравнений полной модели концентрации тропосферных газов. ПВ РУз. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. № DGU 02557. Зарегистрирован в гос. Реестре программ для ЭВМ РУз 27.07.2012. Оpubл. 31.08.2012. Бюлл.№ 8(136). –с.216.

Автореферат “Ўзбекистон география жамияти ахбороти”
журналида таҳрирдан ўтказилди.



ТАЙЛҚЭИ нусха кўпайтириш бўлими.
Босишга руҳсат этилди: 26.11.2019й.
Бичими: 21x30¹/₂. Адади: 80 нусха.
Тошкент, Амир Темур шоҳ кўча -20.

