BOTANIKA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.05/2025.27.12.B.23.01.M RAQAMLI ILMIY KENGASH

BOTANIKA INSTITUTI

AKBAROV FERUZ IKBOLOVICH

IQLIM O‘ZGARISHLARINI SURXONDARYO VILOYATI TABIIY FLORASIGA TA’SIRINI BAHOLASH

03.00.05 – Botanika

BIOLOGIYA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Toshkent – 2026

UO‘K: 581.9:551.583 (043.3)

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctorof philosophy (PhD)

Akbarov Feruz Ikbolovich
Iqlim o‘zgarishlarini Surxondaryo viloyati tabiiy florasiga ta’sirini baholash 3

Акбаров Феруз Икболович
Оценка воздействия климатических изменений на природную флору Сурхандарьинской области..... 21

Akbarov Feruz Ikbolovich
Assessment of the impact of climate change on the natural flora of Surkhandarya region 41

E’lon qilingan ishlar ro‘yxati
Список опубликованных работ
List of published works..... 44

BOTANIKA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.05/2025.27.12.B.23.01.M RAQAMLI ILMIY KENGASH

BOTANIKA INSTITUTI

AKBAROV FERUZ IKBOLOVICH

IQLIM O‘ZGARISHLARINI SURXONDARYO VILOYATI TABIIY FLORASIGA TA’SIRINI BAHOLASH

03.00.05 – Botanika

BIOLOGIYA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Toshkent – 2026

Biologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/B1240 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya Botanika institutida bajarilgan.

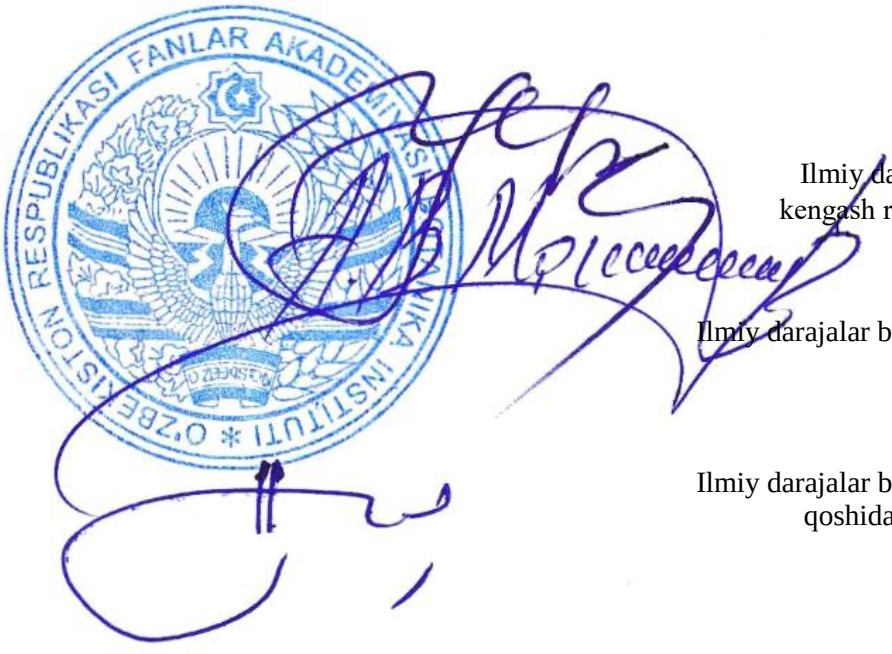
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus va ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi (www.botany.uz) hamda “ZiyoNet” Axborot-ta’lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	**Tojibayev Komiljon Sharobitdinovich** biologiya fanlari doktori, akademik
Rasmiy opponentlar:	**Olimjan Kaxxarovich Xojimatov** biologiya fanlari doktori, professor
	Xo‘janazarov O‘ktam Eshtemirovich biologiya fanlari doktori, professor
Yetakchi tashkilot:	**Namangan davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Botanika instituti huzuridagi DSc.05/2025.27.12.B.23.01.M raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil “17” fevral kuni soat 14^{00} dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 100125, Toshkent shahri, Do‘rmon yo‘li ko‘chasi, 32-uy. Botanika instituti majlislar zali. Tel.: (+99871) 262-37-95, faks (+99871) 262-79-38, E-mail: botany@academy.uz).

Dissertatsiya bilan Botanika instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (81-raqami bilan ro‘yhatga olingan). Manzil: 100125, Toshkent shahri, Do‘rmon yo‘li ko‘chasi, 32-uy, Tel.: (+99871) 262-37-95.

Dissertatsiya avtoreferati 2026-yil “4” fevral kuni tarqatiladi.
(2026-yil “4” fevraldagi 20-raqamli reestr bayonnomasi).



B.A. Adilov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi o‘rinbosari, b.f.d., katta ilmiy xodim

A.V. Maxmudov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, PhD., katta ilmiy xodim

X.F. Shomurodov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, b.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Global iqlim o‘zgarishi hozirgi davrning eng muhim ekologik muammolaridan biri bo‘lib, u Yer yuzidagi tabiiy tizimlarning barqarorligiga jiddiy tahdid solmoqda. Ayniqsa, kontinental iqlim sharoitiga ega O‘zbekiston, xususan Surxondaryo viloyati Yevrosiyodagi iqlim o‘zgarishidan eng ko‘p zarar ko‘rishi mumkin bo‘lgan hududlardan biri hisoblanadi (World Bank Group, 2021). Mazkur o‘zgarishlar nafaqat iqlim parametrlarida, balki butun ekotizim jumladan, tabiiy flora tarkibida ham sezilarli o‘zgarishlarga olib keladi. Surxondaryo viloyati O‘zbekistonning eng boy floristik mintaqalaridan biri bo‘lib, iqlim parametrlaridagi keskin tebranishlar viloyatning floristik tarkibi va tuzilishida o‘zgarishlarni yuzaga keltirishi va ayrim turlarni xavf ostida qoldirishi mumkin.

So‘ngi yillarda Respublikamizda olib borilayotgan flaristik tadqiqotlar rivojlanib, yangi bosqichga ko‘tarildi. Xususan, biz O‘rta Osiyo hududida ilk bor tabiiy geografik hududlar florasini to‘r tizimli xaritalash asosida tadqiq qilishni boshladik (Tojibaev et al., 2022). Avval yirik daryo havzalari yoki tog‘ tizmalari miqyosida tavsiflangan floristik hududlar to‘r tizimli xaritalash yordamida 5x5 km hajmdagi indekslar darajasida detallashtirildi. Bu yondashuv katta ko‘lamdagi geobog‘langan ma’lumotlar bazasini shakllantirish, geofazoviy tahlillarni amalga oshirish va buning ortidan floraga tashqi omillar ta’sirini baholash imkonini berdi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib dissertatsiya ishi shakllandi, hamda global iqlim o‘zgarishini tabiiy floraga ta’sirini mintaqaviy asoslarini tushunish va Surxondaryo tabiiy florasiga mansub o‘simliklarga fazoviy va vaqt oraliqlari bo‘yicha ta’sir darajasini baholashga yo‘naltirildi. Olingan ilmiy natijalar O‘zbekiston hamda Tog‘li O‘rta Osiyo florasining iqlim o‘zgarishlariga moslashuv mexanizmlarini chuqurroq tushunish va o‘rganish uchun fundamental ilmiy asos yaratadi.

O‘zbekistonda ushbu yo‘nalishda qator muhim huquqiy va institutsional asoslar shakllangan. “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida[1]” gi Prezident Farmonida atrof muhit obyektlarini (yer, suv, atmosfera havosi, yer qa’ri, o‘simlik va hayvonot dunyosi) saqlash va qo‘riqlanishini ta’minlash va atrof muhitni muhofaza qilishni ilmiy jihatdan ta’minlash kabi muhim vazifalar belgilangan. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-sonli “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2018-yil 7-noyabrdagi 914-sonli “Hayvonot va o‘simlik dunyosi obyektlarining davlat hisobini yuritish, ulardan foydalanish hajmlarini aniqlash va davlat kadastrini shakllantirish to‘g‘risida”gi, 2018-yil 19-dekabrdagi 1034-sonli “O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobini tayyorlash, nashr etish va yuritishni tashkil qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, shuningdek 2019-yil 11-iyundagi 484-sonli “2019–2028-yillar mobaynida O‘zbekiston Respublikasida biologik xilma-xillikni saqlash

[1]O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktyabrdagi PF-5863-sonli "2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida"gi Farmoni

strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni ijrosini taminlashga muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining V. “Qishloq xo‘jaligi, biotexnologiya, ekologiya va atrof-muhit muhofazasi” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Iqlim o‘zgarishining o‘simliklarga ta’sirini o‘rganish adabiyotlarda boy tarixga ega bo‘lib, bugungi kunda esa global ilmiy dolzarblik kasb etmoqda (Seth, 2014). Grinnell (1917) birinchi bo‘lib ko‘plab turlar areallarining geografik chegaralanishida iqlimiy omillar muhim rol o‘ynashini asoslab bergan. XX asr oxirlarida inson faoliyati natijasida issiqxona gazlari konsentratsiyasining oshishi iqlim o‘zgarishini tezlashtirdi va bioxilma-xillikka bo‘lgan xavfni kuchaytirdi (Parmesan, 2006; 2015; Oyebanji et al., 2021). Natijada, bu masalaga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar hajmi va ko‘lami keskin ortdi (Parmesan, 2003; Urban, 2015). Hozirga kelib “climate change” va “vegetation” kalit so‘zlari bo‘yicha Web of Science bazasida 2 310 ta, Scopusda 10 274 ta ilmiy maqola mavjud. Google Scholar tizimida esa 2025-yil holatiga ko‘ra 3 million 240 mingdan ortiq ilmiy ishlar qayd etilgan. Bu ko‘rsatkichlar mazkur yo‘nalishning jahon ilm-fanida eng faol tadqiq etilayotgan mavzulardan biri ekanini ko‘rsatadi. Shunga qaramay, ilmiy tadqiqotlar geografik taqsimotida sezilarli nomutanosiblik mavjud: tadqiqotlarning asosiy qismi Shimoliy Amerika va Yevropa davlatlari hissasiga to‘g‘ri keladi, Osiyo va xususan Markaziy Osiyo hududlari esa iqlim flora munosabatlari bo‘yicha eng kam o‘rganilgan mintaqalar sirasiga kiradi (Parmesan, 2006; 2015; Urban, 2015). So‘nggi yillarda Xitoy (Weng and Zhou, 2006; Zhang et al., 2021; Chen J. et al.,2024; Luo et al., 2025; Ren et al., 2025; Xiang et al.,2025), Qozog‘iston (Dimeyeva., 2015) va Qirg‘iziston (Kulikov, 2017; Donbaeva, 2024) hududlarida alohida turlar bo‘yicha SDM (Bioclim, MaxEnt va boshqalar) modellaridan foydalangan holda ayrim tadqiqotlar amalga oshirilgan bo‘lsa-da, ular asosan global iqlim ssenariylariga tayangan holda prognoz xarakteridagi baholashlar bilan chegaralanadi. O‘zbekiston va Markaziy Osiyo florasi bo‘yicha so‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar ushbu global yo‘nalishning mintaqaviy javobi sifatida shakllanmoqda. Adilov B.A. (2021, 2022), Habibullaev B.S. (2022), Daminova N.E. (2023), Xoshimov X.R. (2023), Turginov O.T. (2024), Abdullaev va Akbarov (2024) hamda Akbarov F.I. (2021, 2022, 2024) kabi tadqiqotchilarning ishlarida ayrim endemik va noyob turlar arealining hozirgi va kelajakdagi tarqalish zonalari SDM modellar yordamida baholangan. Shuningdek, Shomurodov va boshqalar (2024), Khabibullaev va boshqalar (2022) ishlarida ayrim turlar populyatsiyalariga iqlim omillarining ta’siri, ularning xavf darajasi va konservatsion maqomi tahlil qilingan. Mavjud adabiyotlar tahlili muammoning bir qator muhim jihatlari hali yetarlicha yoritilmaganini ko‘rsatadi. Birinchidan, Markaziy Osiyo, jumladan O‘zbekiston hududida iqlim o‘zgarishining flora tuzilmasiga ta’siri ko‘pincha faqat prognoz modellariga asoslangan holda baholangan bo‘lib, aniq vaqt oralig‘ida uzoq muddatli real kuzatuv ma’lumotlari bilan floristik o‘zgarishlarni

bevosita solishtirgan ishlar deyarli uchramaydi. Ikkinchidan, mavjud tadqiqotlarning aksariyati alohida turlar darajasida cheklangan bo‘lib, butun flora, yirik taksonomik birliklar (oilalar, turkumlar) yoki floristik hotspotlar darajasida kompleks tahlil hali amalga oshirilmagan. Uchinchidan, geobog‘langan gerbariy ma’lumotlari juda katta hajmda to‘plangan bo‘lsa-da, ular ko‘pincha faqat floristik ro‘yxatlar tuzish yoki lokal turlar tarqalishini ko‘rsatishda foydalanilgan, iqlim ma’lumotlari bilan integratsiyalangan tahlil darajasiga yetkazilmagan. Mazkur dissertatsiya ana shu bo‘shliqlarni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, Surxondaryo viloyati florasi misolida 1981–2023-yillarga oid ERA5-Land va MERRA-2 ma’lumotlariga asoslangan haqiqiy iqlim va tuproq parametrlarini 56 mingdan ortiq geobog‘langan gerbariy yozuvlari bilan integratsiyalangan holda tahlil qilinadi. To‘r tizimli xaritalash, Consensus Mapping va Stacked Species Distribution Modeling (SSDM) yondashuvlaridan foydalanilib, flora, oila va turkumlar darajasidagi ekologik moslik, iqlim-flora munosabatlari va floristik hotspotlar aniqlanadi. Natijada, dissertatsiya Surxondaryo florasiga iqlim o‘zgarishining real, miqdoriy ta’sirini baholash bilan birga, Markaziy Osiyo uchun yangi metodik platforma va konservatsion tavsiyalarni taklif etadi.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilayotgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Botanika institutida bajarilgan Janubi-g‘ arbiy Hisor, Hisor-Darvoz va Panj Oldi okruglari florasining to‘r tizimli xaritalash (Surxondaryo viloyati qismi) (2021–2024 yy.) davlat dasturi doirasida amalga oshirilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Surxondaryo florasiga iqlim o‘zgarishining ta’sirini baholash va floristik o‘zgarishlarni prognozlash.

Tadqiqotning vazifalari:

Asosiy iqlim faktorlarining (harorat, yog‘ingarchilik, tuproq harorati va namligi) ko‘p yillik tendensiyalarini tahlil qilish va iqlim o‘zgarishi ko‘rsatkichlarini aks ettiruvchi 1x1 km rezolyutsiyadagi analitik xaritalar tuzish;

Iqlim o‘zgarishi intensivligiga ko‘ra floristik birliklarning (oilalar, turkumlar, turlar) fazoviy tarqalishi, ularning barqarorligi va xavf darajasini baholash;

Geografik elementlar, hayotiy shakllar, botanik-geografik rayonlar va indekslar kesimida iqlim o‘zgarishining floraga ta’sir darajasini baholash;

Iqlim o‘zgarishlarining o‘simliklarning o‘sish muhiti qulayligiga (suitable habitats) ta’sirini modellashtirish va vaqt bo‘yicha dinamikasini tahlil qilish;

Stacked Species Distribution Modeling (SSDM) asosida Surxondaryo florasi uchun biologik xilma-xillik markazlarini (hotspot) aniqlash;

Tadqiqotning obyekti. Surxondaryo tabiiy florasining yuksak o‘simliklari va ularning iqlim o‘zgarishlari kontekstidagi holati.

Tadqiqotning predmeti. Surxondaryo florasi yuksak o‘simliklari va iqlim parametrlari o‘rtasidagi munosabatlar mexanizmi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotda trend tahlili, statistik taqqoslash, asosiy komponentlar tahlili (PCA), farq o‘zgarishi (Delta Change Method), iqlimiy javob gradienti (climate response gradient analysis) hamda Stacked Species Distribution Models (SSDM) usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Surxondaryo viloyatida kuzatilayotgan global iqlim o‘zgarishining mintaqaviy xususiyatlari ilk bor 1×1 km aniqlikda kompleks baholangan va asosiy iqlim indikatorlarining vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasini ko‘rsatuvchi analitik xaritalar tuzigan;

Iqlim o‘zgarishining tabiiy floraga ta’siri ilk bor oila, turkum va tur darajasida aniqlangan va ularga bo‘lgan xavf darajasi iqlim omillari kesimida kompleks tarzda baholangan;

Geografik elementlar, botanik-geografik rayonlar va indekslar florasining global isish va qurg‘oqchilikka nisbatan ta’sirchanlik darajasi aniqlangan, natijalar mintaqaviy iqlim o‘zgarishining real indikatori sifatida ko‘rsatilgan;

Birinchi marotaba Surxondaryo viloyati tabiiy florasiga iqlim o‘zgarishining ta’sirini aks ettiruvchi, real vaqt ma’lumotlariga asoslangan yuqori rezolyutsiyadagi SSDM prognoz modellari ishlab chiqilgan;

Consensus habitat suitability xaritalari asosida Surxondaryo florasining biologik xilma-xillik markazlari (floristik hotspotlar) ilk bor aniqlanib, turlar uchun ekologik moslikning eng yuqori konsentratsiyalashgan hududlari belgilangan;

Iqlim o‘zgarishi va flora o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni raqamli modellar yordamida baholash uchun yangi konseptual yondashuv taklif etilgan;

Tadqiqotning amaliy natijasi quyidagilardan iborat:

Surxondaryo viloyati hududida 1981–2023 yillar davomida kuzatilgan asosiy iqlim indikatorlari havo harorati, yog‘ingarchilik, tuproq harorati va tuproq namligi bo‘yicha ERA5-Land, MERRA-2 hamda CHIRPS xalqaro platformalaridan jami 6 million 400 mingga yaqin iqlim ma’lumotlari yig‘ilgan va ular asosida raqamli ma’lumotlar bazasi shakllantirilgan.

1981–2023 yillar davomida Surxondaryo viloyatida kuzatilgan havo harorati, yog‘ingarchilik, tuproq harorati va tuproq namligining o‘zgarish tendensiyalarini aks ettiruvchi analitik xaritalar yaratilgan.

Iqlim o‘zgarishi sharoitida global isish va qurg‘oqchilikning kuchli bosimiga uchrayotgan floristik birliklar aniqlangan va flora tarkibi xavf darajasiga ko‘ra klassifikatsiyalangan.

Hudud florasining to‘liq tarkibi, shuningdek polimorf oilalar, polimorf turkumlar va endem turlar uchun real vaqt ma’lumotlariga asoslangan yuqori aniqlikdagi SSDM prognoz modellari ishlab chiqilgan.

Surxondaryo tabiiy florasi uchun ekologik moslikning eng yuqori konsentratsiyalashgan hududlari aks ettirilgan consensus habitat suitability xaritalari yaratilgan.

Iqlim o‘zgarishi va flora o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni raqamli modellar yordamida baholash uchun yangi konseptual yondashuv taklif etilgan.

Olingan ilmiy natijalar O‘zbekiston hamda Tog‘li O‘rta Osiyo florasining iqlim o‘zgarishlariga moslashuv mexanizmlarini chuqurroq tushunish va o‘rganish uchun fundamental ilmiy asos yaratadi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi quyidagi omillarga asoslanadi: ma’lumotlar bazasining kengligi va sifati (gerbariy ma’lumotlari zamonaviy ilmiy

yondashuvlarga muvofiq yig‘ilgan, iqlim ko‘rsatkichlari esa yuqori vaqt va fazoviy aniqlikka ega xalqaro tan olingan bazalardan olingan), qo‘llanilgan metodlarning zamonaviyligi (Bioclim, SSDM, consensus mapping, GIS), natijalarni tekshirish va solishtirish jarayonlari (turli manbalar va modellar kesimida o‘zaro taqqoslangan), statistik tahlil va validatsiya (AUC, TSS, Kappa kabi ko‘rsatkichlar yordamida baholangan) hamda amaliy natijalar bilan muvofiqligi (modellashtirish natijalari hududiy floristik kuzatuvlar bilan solishtirilib, tasdiqlangan). Shu bilan birga, tadqiqot natijalari respublika va xalqaro ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokama qilingan hamda mutaxassislar tomonidan e’tirof etilgan. Tadqiqot materiallari asosida tayyorlangan ilmiy maqolalar nufuzli jurnallarda chop etilgan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, unda Surxondaryo florasining o‘ziga xos xususiyatlari zamonaviy modellashtirish usullari (Bioclim, SSDM, consensus mapping, GIS) asosida tahlil qilingan, hamda iqlim o‘zgarishining o‘simliklarning tarqalishiga ta’siri kompleks o‘rganilgan. Olingan natijalar esa O‘zbekiston va Tog‘li O‘rta Osiyo florasining iqlim o‘zgarishiga javob reaksiyalarini baholashda fundamental ilmiy manba sifatida xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundaki, unda iqlim va tuproq sharoitlaridagi o‘zgarishlarning o‘simlik turlarining geografik tarqalishi hamda yashash muhitiga ta’sir mexanizmi aniqlangan, yuqori rezolyutsiyadagi prognoz modellari ishlab chiqilgan. Ushbu natijalar hududiy flora resurslarini muhofaza qilish, xavf ostidagi turlarni monitoring qilish, yashash muhitini barqarorlashtirish va mintaqaviy moslashuv strategiyalarini ishlab chiqishda amaliy qo‘llanilishi mumkin. Shuningdek, ular ekologik oqibatlarni baholash va ta’lim jarayonida qo‘llash uchun muhim manba bo‘lib xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Iqlim o‘zgarishlarini Surxondaryo viloyati tabiiy florasiga ta’sirini baholash tadqiqotlari doirasida:

Surxondaryo viloyati tabiiy florasiga mansub 187 turning 1005 ta gerbariy na’munalariga tegishli ma’lumotlar Global bioxilma-xillik ma’lumotlari tizimiga (www.gbif.org, GBIF) kiritilgan (Global bioxilma-xillik ma’lumotlari bazasi sertifikati, 2025-yil 30-may № 040 sonli guvohnomasi). Natijalar, GBIF portalining o‘simliklar bazasini boyitishga xizmat qilgan.

Surxondaryo viloyati tabiiy florasida tarqalgan 117 ta turning 200 dan ortiq gerbariy namunalari O‘zbekiston Milliy gerbariysi (TASH) ilmiy noyob ob’yekti fondiga taqdim etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining 2025-yil 30-maydagi №4/1255-1336-son ma’lumotnomasi). Natijalar, O‘zbekiston Milliy gerbariysi (TASH) ilmiy noyob ob’yekti fondining O‘rta Osiyo bo‘limi kolleksiyasini boyitishga xizmat qilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 12 ta ilmiy ish nashr etilgan, shundan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta ilmiy maqola, jumladan, 5 ta respublika

va 2 ta xorijiy (1 ta Scopus va WOS) bazalarida indekslangan) jurnallarda hamda xalqaro va respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida 5 tasi nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rt bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 118 betni tashkil etgan.

DISERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida mavzuning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obyekti va predmeti tasniflangan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinishi, nashr etilgan ishlar hamda dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning birinchi bobi **“Adabiyotlar tahlili va tadqiqot metodlari”** deb nomlanadi. Uning birinchi bo‘limida tadqiqotning o‘rganilganlik darajasi, mintaqadagi mavjud ilmiy bo‘shliqlar hamda ularni bartaraf etishga qaratilgan yechim va takliflar yoritilgan. Bobning ikkinchi bo‘limida esa tadqiqotda qo‘llanilgan metodologik yondashuvlar, algoritmlar va dasturiy ta’minot vositalari batafsil taqdim etilgan.

Dissertatsiyaning ikkinchi bobi **“Surxondaryo viloyatida asosiy iqlim faktorlarining ko‘p yillik o‘zgarish tendensiyalari”** deb nomlanib, unda Surxondaryo viloyatida 1981–2023 yillarda kuzatilgan asosiy iqlim faktorlari (havo harorati, yog‘ingarchilik, tuproq harorati va namligi) dinamikasi Jahon banki, O‘zgidromet hamda ERA5-Land, MERRA-2 va CHIRPS xalqaro bazalaridan olingan 6 352 605 ta ma’lumotlar asosida tahlil qilingan, natijalar global va mintaqaviy iqlim o‘zgarish jarayonlari bilan qiyosiy baholangan.

Bobning birinchi bo‘limida Surxondaryo viloyatida 1981–2023 yillar davomida yillik o‘rtacha haroratning o‘zgarish dinamikasi o‘rganildi. Analitik tahlillar natijasida Jahon banki ma’lumotlari bo‘yicha ushbu davrda harorat 1,4 °C ga, O‘zgidromet kuzatuvlari bo‘yicha esa 1,9 °C ga ortgani aniqlangan. ERA5-Land va MERRA-2 xalqaro reanaliz bazalaridan olingan ma’lumotlar ham viloyatda haroratning barqaror o‘sish tendensiyasini tasdiqlaydi. Isish jarayoni Sangardak–To‘palang botanik-geografik rayonida eng jadal bo‘lib, 18,6–19,6 % gacha yetgan. Eng yuqori ko‘rsatkichlar esa 3300–3900 m balandliklarda (40 % dan ortiq) qayd etilib, bu hududda global isish tendensiyasiga yaqqol yaqqol namoyon bo‘ladi. Global isishning baland hududlarda yanada jadal namoyon bo‘lishi “Elevation-dependent warming” (balandlikka bog‘liq isish) kontseptsiyasi bilan ilmiy jihatdan tasdiqlangan (Pepin et al., 2015).

Ikkinchi bo‘limida Surxondaryo viloyatida 1981–2023-yillar oralig‘ida atmosfera yog‘inlarining yillik miqdori, ularning o‘zgarish tendensiyalari hamda tebranish (variatsion) xususiyatlari ilmiy jihatdan yoritilgan. Yillik yog‘inlarning qisqarishi viloyat hududining 90 % dan ortig‘ida qayd etilgan, umumiy kamayish 6–60 % oralig‘ida. Eng katta pasayish Sho‘rchi (37,6 %) va Termizda (32,4 %), eng

kichigi esa Denov (6 %) stansiyasida kuzatilgan. Botanik-geografik rayonlar kesimida Surxon–Sherabod va Bobotog‘ eng zaif hududlar bo‘lib, 20–24 % gacha qisqarish qayd etilgan, Boysun rayonida esa minimal o‘zgarish kuzatilgan. Bu jarayon global prognozlarga muvofiq bo‘lib, 21-asr oxiriga kelib o‘rta va past kengliklarda yog‘ingarchilikning 20 % dan ko‘proq kamayishi va subtropik mintaqalarda qurg‘oqchilikning kuchayishi kutilmoqda (IPCC, 2008; Polade et al., 2017).

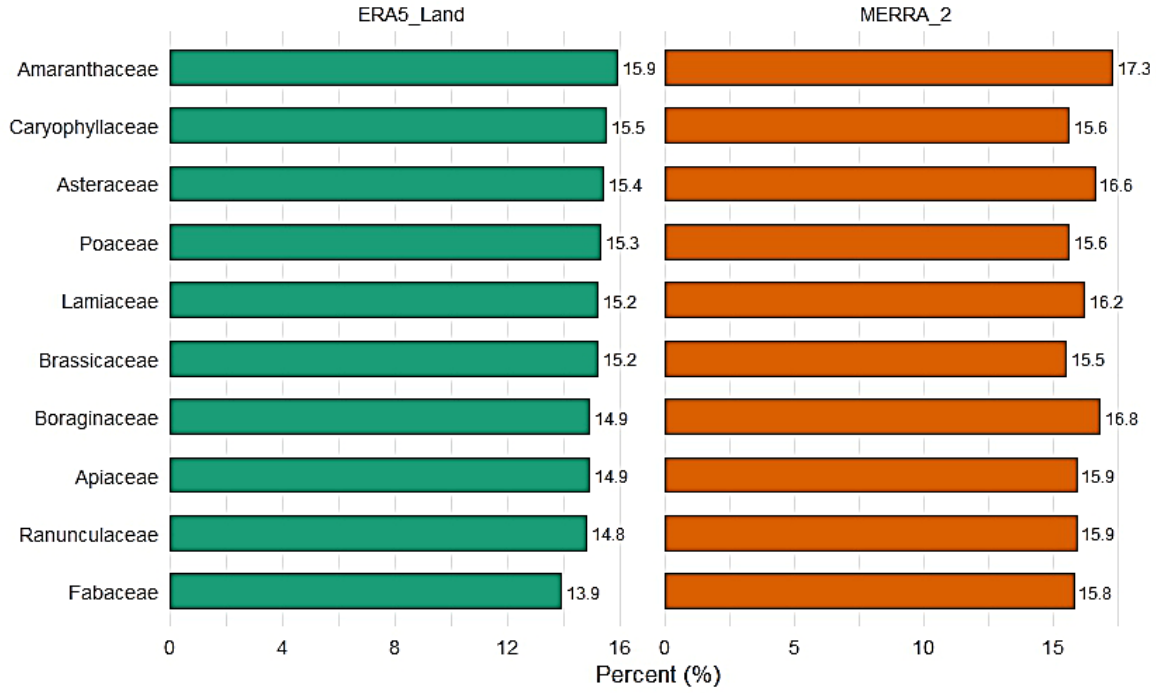
Bobning uchinchi bo‘limida tuproq haroratining ko‘p yillik va fazoviy o‘zgaruvchanligi tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari tuproq haroratining so‘nggi 43 yil davomida viloyat bo‘ylab o‘rtacha 2,3 °C (12,0 %) (O‘zgidromet), 2,2 °C (15,4 %) (ERA5-Land) va 2,1 °C (17,0 %) (MERRA-2) darajaga ortganini ko‘rsatadi, bu esa Germaniya (Dorau et al., 2022) va Xitoy (Zhang et al., 2016) kabi boshqa mintaqalarda qayd etilgan tendensiyalarga parallel, global iqlim o‘zgarish jarayonlarining hududiy ifodasini tasdiqlaydi. Tuproq haroratining ortishi havo haroratining oshishiga nisbatan tezroq yuz bermoqda (García-García et al., 2023). Bu jarayon Surxondaryo viloyatida ham o‘z isbotini topdi. Masalan, Sangardak-To‘palang botanik-geografik rayonida havo harorati o‘zgarishi 18,6 % ni tashkil etsa, tuproq harorati bu hududda 26,3 % gacha ortgan.

Bobning to‘rtinchi bo‘limida tuproq namligining ko‘p yillik o‘zgarishi va fazoviy tendensiyalari tahlil qilingan. Unga ko‘ra, Surxondaryo viloyatida 1981–2023 yillar oralig‘ida tuproq namligining muntazam ravishda qisqarib borgani kuzatildi, ko‘rsatkichlar ERA5-Land bo‘yicha 15,5 %, MERRA-2 ma’lumotlariga ko‘ra esa 14,9 % ni tashkil etadi. Tuproq namligining qisqarishi viloyatning tekislik va adir hududlarida (266–1100 m) eng yuqori bo‘lib, qiymatlar 20 % dan ortiq, bu jarayon Shurxon–Sherabod botanik-geografik rayonida yaqqol namoyon bo‘lgan. Martin Hirschi (2025) tadqiqotlariga ko‘ra, 2000–2022 yillar davomida yer yuzasining 49,3 % (ERA5-Land) va 44,5 % (MERRA-2) qismida tuproqning sirt va ildiz zonalarida qurish tendensiyasi kuzatilgan bo‘lib, namlikning pasayishi mos ravishda 20,6 % va 21,1 % ni tashkil etgan. Surxondaryo viloyatida qayd etilgan tuproq namligining qisqarishi ushbu global ko‘rsatkichlardan, shuningdek Yevropaning O‘rta yer dengizi havzasi, Qora va Kaspiy dengizi atrofi, Markaziy Osiyo, Sibir, AQSH va Kanada preriyalari, Janubiy Amerika, Afrika hamda shimoli-g‘arbiy Avstraliyadagi ko‘rsatkichlardan pastroq darajada yuz bermoqda (Hirschi et al., 2025).

Dissertatsiyaning uchunchi bobi **“Iqlim o‘zgarishining Surxondaryo tabiiy florasiga taksonomik va geografik ta’siri”** deb nomlangan. Ushbu bobda viloyat florasiga mansub o‘simliklarning 90 % dan ortig‘i 1981–1990 yillarga nisbatan 2021–2023 yillarda qaysidur darajada o‘zgargan iqlimiy sharoitlarga moslashishga majbur bo‘layotgani qayt etilgan. Tadqiqot natijalari tog‘ hududlarida haroratning ortishi, tekisliklarda esa qurg‘oqchilik va tuproq namligining pasayishi asosiy xavf omillari ekanini ko‘rsatgan. Eng yuqori xavf darajasi esa endem turlar populyatsiyalarida kuzatilgan.

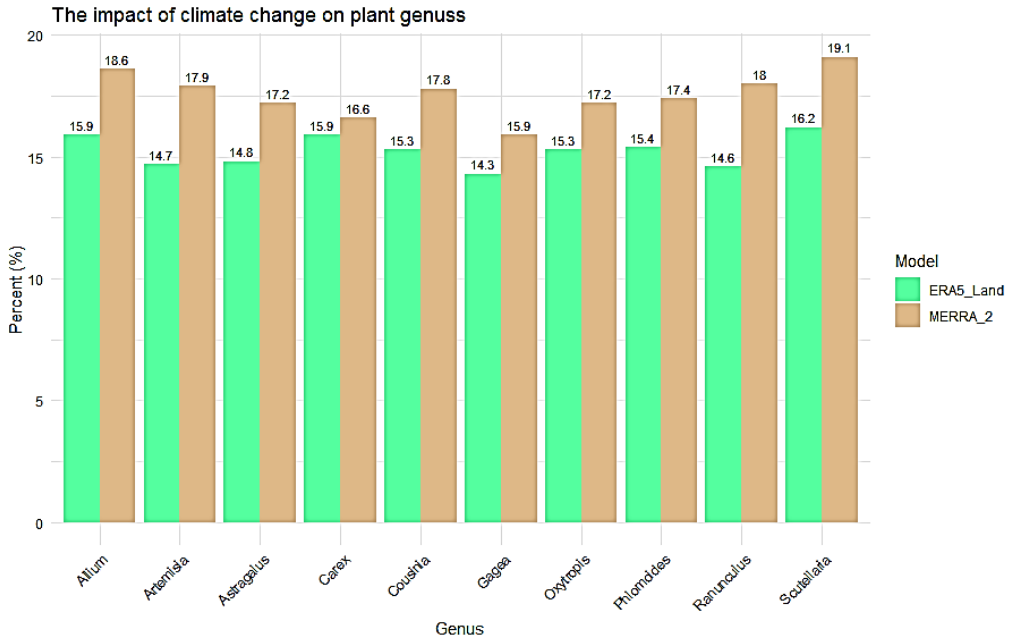
Bobning birinchi bo‘limida iqlim o‘zgarishining floristik birliklarga ta’siri va xavf darajasi umumiy flora, polimorf oilalar, polimorf turkumlar, keng tarqalgan

dominant turlar hamda endem turlar kesimida tahlil qilingan. Surxondaryo florasiga iqlim o‘zgarishining umumiy ta’siri ERA5-Land bo‘yicha 15,3 %, MERRA-2 va CHIRPS ma’lumotlariga ko‘ra 16,5 % ga baholandi. Polimorf oilalar populatsiyalari mavjud hududlarda qayd etilgan iqlim o‘zgarishi intensivligi viloyat florasining umumiy ko‘rsatkichlariga nisbatan ERA5-Land ma’lumotlarida 0,2 %, MERRA-2 ma’lumotlarida esa 0,4 % ga past. Polimorf turkumlarda ushbu ko‘rsatkichlar aksincha yuqoriroq bo‘lib, ERA5-Land modelida 0,1 %, MERRA-2 modelida esa 1,0 % ni tashkil etadi. Eng keng tarqalgan dominant turlar ham viloyat florasining o‘rtacha qiymatlaridan 0,1–0,2 % yuqori intensivlik ko‘rsatgan. Shu bilan birga, endem turlar populatsiyalarida qayd etilgan iqlimiy transformatsiya jarayonlari viloyat florasining umumiy ko‘rsatkichlaridan 4,2 % ga yuqori bo‘lib, bu ularning global iqlim o‘zgarishiga nisbatan eng sezgir guruh ekanini tasdiqlaydi. Mazkur natijalar Surxondaryo florasida iqlimiy o‘zgarishlarning turli taksonomik darajalarda differensial ta’sir ko‘rsatishini va endem turlar populyatsiyalarining ekologik barqarorligi uchun xavf darajasi yuqoriligini ko‘rsatadi. Polimorf oilalar doirasida Amaranthaceae vakillari iqlim o‘zgarishi eng yuqori darajada sodir bo‘layotgan hududlarda uchraydi (ERA5-Land – 15,9 %, MERRA-2 – 17,3 %). Aksincha, eng past darajadagi o‘zgarishlar ERA5-Land bo‘yicha Fabaceae (13,9 %), MERRA-2 bo‘yicha esa Brassicaceae (15,5 %) turlari mavjud hududlarda kuzatilgan (1-rasm).



1-rasm. Polimorf oilalar bo‘yicha iqlim o‘zgarishi intensivligi

Polimorf turkumlar orasida *Scutellaria* turkumiga mansub turlar iqlim o‘zgarishining eng yuqori darajadagi ta’siriga duch kelmoqda va bu natija ERA5-Land va MERRA-2 modellarida ham qayd etildi. *Gagea* populatsiyalari mavjud hududlarda esa iqlim o‘zgarishi eng past darajada qayd etilib, ERA5-Land bo‘yicha 14,3 % va MERRA-2 bo‘yicha 15,9 % ga baholandi (2-rasm).



2-rasm. Polimorf turkumlar bo‘yicha iqlim o‘zgarishi intensivligi

Endem turlarning iqlim o‘zgarishi darajasi bo‘yicha hududiy taqsimlanishi, floradagi eng keng tarqalgan turlar ko‘rsatkichlari bilan solishtirilganda, ERA5-Land bo‘yicha 4 % va MERRA-2 bo‘yicha 4,1 % yuqori qiymat hosil qiladi. Umumiy flora tarkibida iqlim transformatsiyasining eng yuqori darajasi kuzatilgan *Lagochilus botschantzevii* va *Seseli merculowiczii* ham endem turlar qatoriga kiradi. Har ikkala model (ERA5-Land va MERRA-2) natijalari shuni ko‘rsatadiki, iqlim o‘zgarishining endem turlarga ta’siri balandlik gradienti bo‘yicha eng yuqori darajada 2301–2800 m diapazonda, eng past darajada esa 1301–1800 m oraliqda o‘suvchi turlarda kuzatilmoqda (1-jadval). Shu bilan birga, 1301–1800 m balandlik oralig‘i endem turlar uchun xilma-xilligi eng yuqori diapazon bo‘lib, bu yerda 29 tur (46 %) qayd etilgan, 2301–2800 m oralig‘ida esa 14 tur (22,2 %) populatsiyasi mavjud (Akbarov, 2022).

1-jadval

Balandlik gradienti bo‘yicha iqlim o‘zgarishining endem turlarga ta’siri

Change % ERA5-Land						
Alt. (m)	300–800	801–1300	1301–1800	1801–2300	2301–2800	2801–3364
Valid	48	134	131	45	24	14
Mean	18.7	21.3	16.5	18.7	23.8	18.9
Std.Deviation	5.6	11.0	3.1	5.6	9.3	3.4
Minimum	11.8	11.5	11.0	11.8	11.7	11.7
Maximum	36.9	75.6	26.0	36.9	47.5	25.0
Change % MERRA-2						
Valid	48	134	131	45	24	14
Mean	19.6	23.5	17.8	19.3	25.2	21.0
Std.Deviation	8.7	9.07	4.0	6.7	13.3	2.6
Minimum	0.0	11.2	7.7	5.8	17.1	13.9
Maximum	41.0	41.8	26.4	36.7	85.4	23.4

Bobning ikkinchi bo‘limida o‘simliklarning hayotiy shakllari, geografik elementlari, botanik-geografik rayonlar va indekslar florasi kesimida iqlim

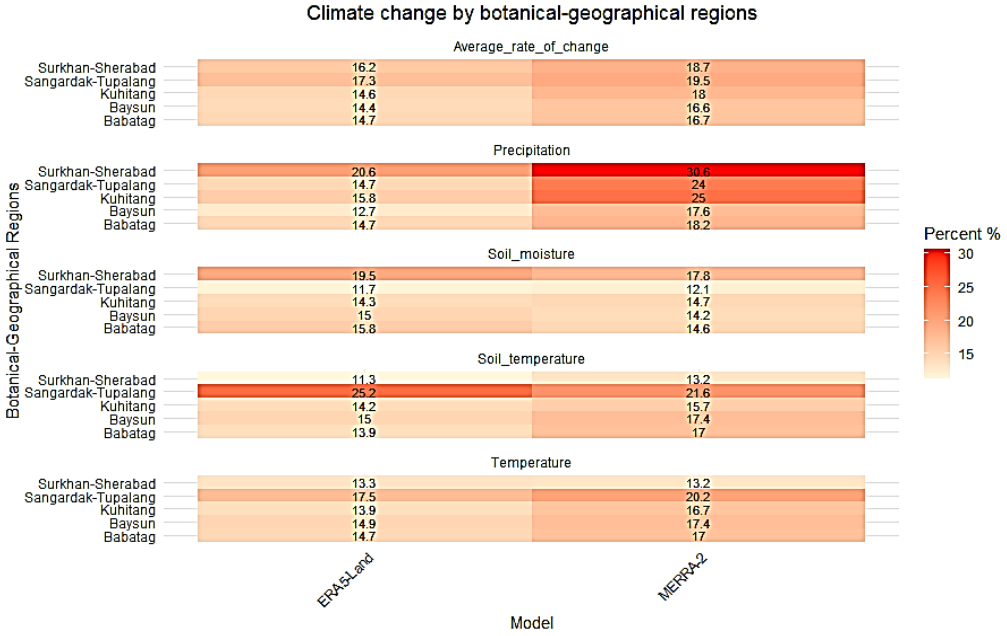
o‘zgarishining ta’siri tahlil qilingan. Hamefitlar iqlim o‘zgarishi eng intensiv sodir bo‘layotgan hududlarda, kriptofitlar nisbatan barqaror maydonlarda o‘sayotgan hayotiy shakllar sifatida qayd etildi. Geografik elementlar kesimida eng katta o‘zgarish Tog‘lio‘rtaosiyo arealiga to‘g‘ri kelib, bu hududda havo va tuproq haroratining ortishi o‘simliklar uchun asosiy xavf omili ekanligi aniqlandi. Global floristik hududlarga oid turlar esa qurg‘oqchilik va yog‘ingarchilikning keskin kamayishi bilan bog‘liq xavflarga ko‘proq duch kelmoqda. Relef xususiyatidan kelib chiqib hududining o‘rtacha balandligi eng yuqori bo‘lgan Sangardak-To‘palang (1654 m) rayoni florasi havo va tuproq haroratining isishidan, maydonining katta qismi tekisliklardan tarkib topga Surxon-Sherabod (399 m) florasi esa namlik miqdorining kamayishidan aziyat chekmoqda (3-rasm).

Shuningdek iqlim o‘zgarishi eng yuqori darajasi kuzatilgan 10 ta indek 2422–3496 m balandlik oralig‘ida joylashgan bo‘lib, ushbu indekslarda mavjud o‘simliklar uchun asosiy xavf ham havo va tuproq haroratining ortishidan yuzaga keladi. Ushbu indekslarda havo haroratining isish darajasi 46,7 % (MERRA-2) dan 79,4 % (ERA5-Land) gacha yetadi. Kavkaz tog‘larining alp zonasida (Rossiya) ushbu ko‘rsatkich bo‘yicha 59 % gacha o‘zgaruvchanlik aniqlangan (Soudzilovskaia et al., 2013). Shu bilan birga, mazkur indekslar florasida tuproq namligining kamayishi 12–13 % ni tashkil etadi, bu esa Yevropaning O‘rta yer dengizi mintaqasida qayd etilgan qiymatlardan (14,1–16,3 %) (Fader et al., 2020) pastroqdir. Tadqiqot natijalari Surxondaryo florasida iqlim o‘zgarishining keng qamrovli va differensial ta’sirini ko‘rsatdi. Eng katta xavfni endem turlarning populyatsiyalariga to‘g‘ri kelishi mintaqa bioxilma-xilligini saqlashda ularni alohida e’tiborga olish zarurligini anglatadi.

Dissertatsiyaning “**Iqlimiy o‘zgarishlarning o‘simliklarning o‘sish muhiti qulayligiga (suitable habitats) ta’siri va uning vaqt bo‘yicha dinamikasi**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida Surxondaryo viloyati florasining to‘liq taksonomik tarkibi uchun real vaqt ma’lumotlariga asoslangan yuqori aniqlikdagi Stacked Species Distribution Models (SSDM) prognoz modellari ishlab chiqilgan. Ushbu modellar yordamida o‘sish muhiti qulayligining (suitable habitats) vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasi 1981–1990 va 2021–2023 yillar kesimida umumiy flora, polimorf oilalar, polimorf turkumlar va endemik turlar bo‘yicha tahlil qilingan. Shuningdek bu bobda Surxondaryo tabiiy florasi uchun ekologik moslikning eng yuqori konsentratsiyalashgan hududlari consensus habitat suitability xaritalari asosida aniqlanib, 1981–1990 hamda 2021–2023 yillar oralig‘ida floristik hotspotlarda yuz bergan o‘zgarishlar umumiy flora, polimorf oilalar, polimorf turkumlar va endemik turlar darajasida baholangan.

Mazkur bobning birinchi bo‘limida Surxondaryo florasida o‘sish muhiti qulayligining (suitable habitats) sistematik birliklar bo‘yicha o‘zgarishi tahlil qilingan. Turlar tarqalishi va yashab qolishining asosiy mexanizmlaridan biri ularning o‘sishi hamda ko‘payishi uchun zarur bo‘lgan sharoitlarning mavjudligidir. Mazkur sharoitlar esa, asosan, tuproq xususiyatlari va iqlim ko‘rsatkichlari kabi abiotik determinantlarga bog‘liq (Peterson et al., 2002). Shuning uchun tadqiqotda 1981–1990 yillarga oid iqlim, balandlik va tuproq parametrlariga asoslanib,

o‘simliklar uchun mos yashash hududlari (suitable habitats) ilk bor SSDM metodi asosida modellashtirildi va ushbu natijalar 2021–2023 yillardagi atrof-muhit sharoitlari bilan taqqoslab tahlil qilindi.



3-rasm. Botanik-geografik rayonlar florasiga iqlim o‘zgarishi ta’sirining asosiy iqlim omillari kesimidagi intensivligi

SSDM yondashuvining joriy etilishi tadqiqotning metodologik ustunlikni ta’minladi. 1981–1990 yillarga oid modellashtirish natijalariga ko‘ra, Surxondaryo viloyati tabiiy florasida tarqalgan o‘simliklar uchun yashash muhitining o‘rtacha qulayligi ERA5-Land ma’lumotlari asosida 63,1 %, MERRA-2 ma’lumotlari asosida esa 62,7 % ni tashkil etgan. Ammo, 2021–2023 yillar uchun yaratilgan modellashtirish natijalari bu ko‘rsatkichlarning 61,5 % (ERA5-Land) va 60,9 % (MERRA-2) gacha pasayishini ko‘rsatdi. So‘nggi 43 yildagi iqlim o‘zgarishi va global isish fonida Surxondaryo viloyati florasida o‘simliklar uchun yashash muhitining o‘rtacha qulayligi ERA5-Land modelida 1,6 %, MERRA-2 simulyatsiyalarida esa 1,8 % ga yomonlashgan. ERA5-Land modeli natijalarida yashash muhiti 34,5 % turlar uchun yaxshilangan, 65,5 % uchun esa qisqargan. MERRA-2 bo‘yicha 32,2 % turda ijobiy, 67,8 % turda salbiy o‘zgarish kuzatilgan. Taqqoslash uchun, Yevropada muhofaza etiladigan hududlar florasi o‘simliklarining 58 ± 2,6 foizi 2080 yilga borib qulay yasash sharoitlarini yo‘qotishi tahmin qilinmoqda (Araújo et al., 2011). Tadqiqot doirasida 2191 ta turga oid 56 675 ta o‘sish nuqtasi tahlil qilingan. ERA5-Land modeli natijalarida 33 879 nuqtada iqlim o‘zgarishiga salbiy, 22 796 nuqtada esa ijobiy javob qayd etilgan. MERRA-2 modeli esa 34 484 salbiy va 22 191 ijobiy natija ko‘rsatgan. Model natijalariga ko‘ra, Amaranthaceae oilasida yashash muhiti qulayligi ERA5-Land bo‘yicha -9 %, MERRA-2 bo‘yicha esa -11 % ga kamaygan bo‘lib, bu yetakchi oilalar ichida eng yuqori salbiy ko‘rsatkich hisoblanadi. Fabaceae esa polimorf oilalar orasida qulay yashash sharoitlari eng kam darajada qisqargan oila sifatida ajralib turadi.

Iqlim o‘zgarishlari sharoitida yetakchi turkumlar uchun yashash muhiti qulayligi ERA5-Land bo‘yicha –3,3 %, MERRA-2 bo‘yicha esa –4,2 % ga

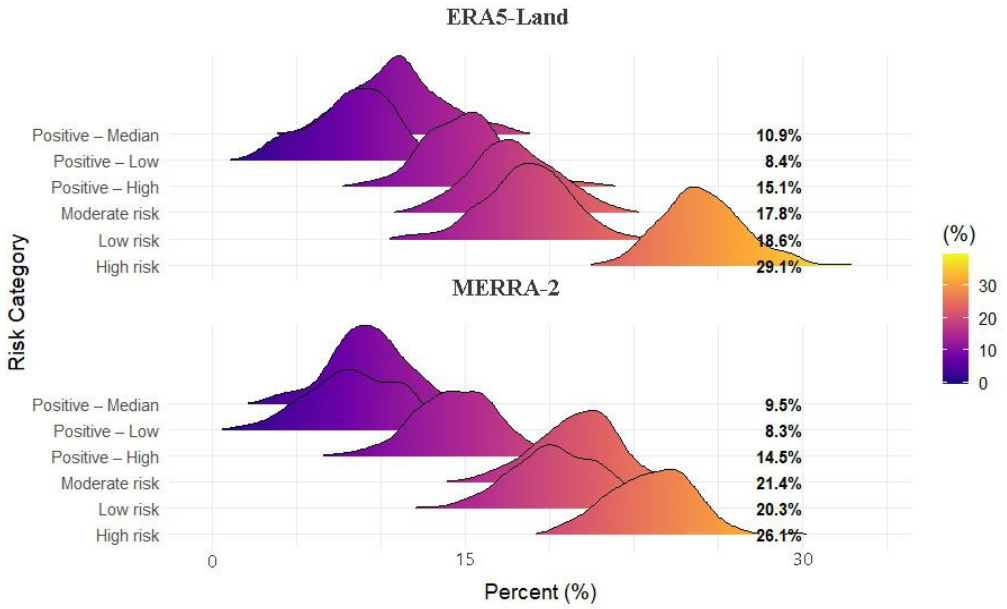
pasaygan. Polimorf 10 ta turkumning 8 tasida salbiy, faqat *Gagea* va *Cousinia* turkumlarida ijobiy dinamika kuzatilgan. Ayniqsa *Gagea* har ikkala modelda ham iqlim o‘zgarishidan eng kam zarar ko‘rgan va ijobiy dinamika (≈ +2 %) kuzatilgan turkum sifatida ajralib turadi. Bunday barqarorlikga turkumning erta fenologik faolligi, ya’ni o‘simliklarning ekstremal haroratlar va qurg‘oqchilik davrlarining ta’siriga kamroq duch kelishi sabab bo‘lishi mumkin (Footitt et al., 2021). *Oxytropis* turlarida eng yuqori salbiy o‘zgarish qayd etilgan. Bu turkum asosan tog‘ va yaylov mintaqalariga xos bo‘lib (Brysting et al., 2004; Singh et al., 2023), iqlim o‘zgarishiga sezuvchanligi yuqori (Rosbakh, 2014). Surxondaryo florasida 905–3291 m balandlik oralig‘ida tarqalib, o‘rtacha balandlik 1918 m ni tashkil qiladi. Populyatsiyalarning katta qismi iqlim o‘zgarishi eng intensiv kuzatilgan balandliklarda joylashgan.

Surxondaryo florasiga xos endem turlarning katta qismida barqaror yashash muhitining qisqarishi kuzatildi: ERA5-Land modelida 71,5 %, MERRA-2 modelida esa 73,1 %. Eng katta yo‘qotishlar 1801–2300 m balandlik oralig‘ida qayd etilgan bo‘lsa, ijobiy dinamika asosan 300–800 m diapazondagi turlarga to‘g‘ri keldi. Abdullaev va Akbarov (2024) ma’lumotlariga ko‘ra, florada nisbatan keng tarqalgan *Poa bactriana* ning hozirgi optimal yashash zonasi 2500–4000 m balandlik oralig‘ida qayt etilgan. RCP2.6 va RCP8.5 iqlim ssenariylariga asoslangan 2050 yil prognozlari natijasida tur uchun qulay ekologik sharoitlarning balandlik gradiyenti bo‘yicha pastga siljishi aniqlanib, optimal zona 1500–3000 m oralig‘iga ko‘chishi bashorat qilingan. Umumiy potensial areal qisqarganiga qaramay, Boysun hamda Sangardak–To‘palang hududlarida tur uchun optimal yashash maydonlarining sezilarli darajada ortishi kuzatilgan. Ushbu natijalar iqlim o‘zgarishi sharoitida turlar arealining o‘zgarishi bir xil yo‘nalish va intensivlikka ega emasligini tasdiqlovchi ishonchli dalillarni taqdim etadi hamda *“elevation-dependent warming”* konsepsiyasining turlar kesimida differensial namoyon bo‘lishini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Turlar yashash sharoitlaridagi o‘zgarish darajasiga ko‘ra (climate response gradient analysis) guruhlarga ajratildi (Pacifici et al., 2015). Ijobiy o‘zgarishga ega turlar: past (0%–+5%), o‘rtacha (+5%–+10%) va yuqori (+10%–+19% yoki +17%) yaxshilanish darajalariga bo‘lindi. Shu bilan birga, yashash muhiti yomonlashgan turlar: past yomonlashuv (0%–−5%), o‘rtacha xavfli (−5% – −15%) va yuqori xavf ostidagi (−15% – −24% yoki −23%) turlar sifatida klassifikatsiyalandi (4-rasm). ERA5-Land modelida florada tarkib topgan turlarning 17,8 % i past yomonlashuv, 18,6 % i o‘rtacha xavfli va 29,1 % i yuqori xavf ostidagi o‘simlik turlari sifatida baholandi. MERRA-2 modeli bo‘yicha 21,4 % i past yomonlashuv, 20,3 % i o‘rtacha xavfli va 26,1% yuqori xavf ostida deb qayd etildi. Iqlim o‘zgarishlariga nisbatan ijobiy reaksiyani namoyon etgan turlar soni ERA5-Land modelida 755 ta (34.5%), MERRA-2 modelida esa 707 ta (32.2%) ni tashkil etdi. Yuqori darajadagi ijobiy dinamika esa mos ravishda 331 ta (15.1%) va 318 ta (14.5%) turda kuzatildi.

Bobning ikkinchi bo‘limida o‘simliklarning hayotiy shakillari, areal sinflari va botanik-geografik rayonlar kesimida o‘sish muhiti qulayligidagi (suitable habitats) o‘zgarishi tahlil qilingan. Fanerofitlar iqlim o‘zgarishiga eng salbiy natija ko‘rsatdi.

Buning sababi ularning sekin o‘sishi, uzoq umr ko‘rishi hamda ekologik sharoitlarning keskin o‘zgarishlariga past moslashuvchanligidir (Allen et al., 2010). Gemikriptofitlar yuqori ekologik plastisiteti (Perez-Harguindeguy et al., 2013), yer sathiga yaqin o‘sishi (Svenning & Sandel, 2013) va “mahalliy chidamlilik” strategiyasi (Thuiller et al., 2005) tufayli iqlim o‘zgarishiga nisbatan barqarorroq natija qayt etadi.



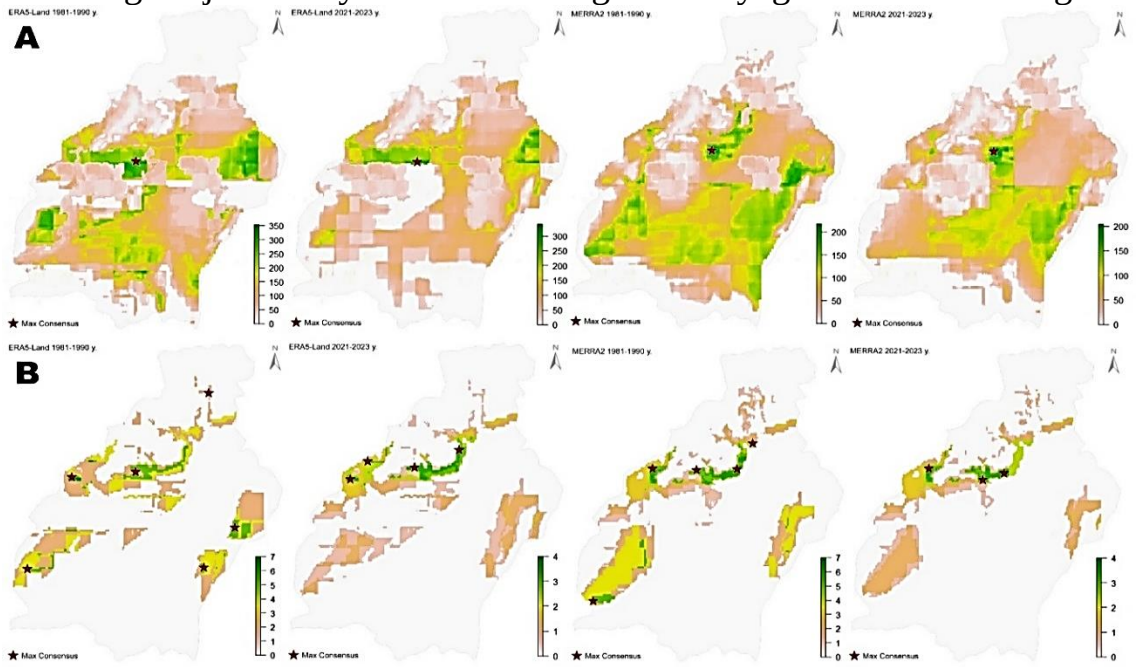
4-rasm. Turlarining iqlim o‘zgarishi xavf darajalari bo‘yicha taqsimlanishi

Geografik elementlar tahliliga ko‘ra, eng katta salbiy yo‘qotish Tog‘lio‘rtasosiyo areali turlarida kuzatildi. Ushbu guruhning tor ekologik nishlarda yashashi ularning iqlim o‘zgarishiga past moslashuvchanligidan dalolat beradi (Parmesan, 2006). Aksincha, plyuregional turlar yuqori ekologik plastisiteti tufayli eng barqaror guruh sifatida namoyon bo‘ldi (Parmesan, 2006). Botanik-geografik rayonlar kesimida Sangardak–To‘palang va Surxon–Sherobod hududlari florasi eng yuqori yo‘qotishga uchradi.

Bobning uchinchi bo‘limida Stacked Species Distribution Modeling (SSDM) asosida Surxondaryo florasi uchun biologik xilma-xillik markazlari (floristik hotspotlar) aniqlanib, ular 1981–1990 va 2021–2023 yillar kesimida taqqoslangan, yuz bergan o‘zgarishlar tahlil qilingan. Umumiy flora bo‘yicha natijalar – ERA5-Land va MERRA-2 modellarida bir xil tendensiyani ko‘rsatdi: 1981–1990 yillarga nisbatan 2021–2023 yillarda floristik hotspotlarning maydoni qisqardi, fragmentatsiyaga uchradi va maksimal tur boyligi kamaydi. Boysun tizmasi floristik hotspotlarning “yadro zonasi” sifatida barqaror saqlanib qolgan bo‘lsa-da, uning atroflarida sezilarli qisqarish yuz beradi (5A-rasm). ERA5-Land modeli bo‘yicha 1981–1990 yillarda Surxondaryoning markaziy va g‘arbiy qismlarida yuqori intensivlikdagi hotspotlar aniqlangan. Maksimal consensus qiymati 354 tur bo‘lib, u Boysun tizmasida (1510 m, 38.212257°N; 67.411303°E) qayd etilgan. 2021–2023 yillarda hotspot maydonlari qisqarib, ayrim joylarda fragmentatsiyaga uchragan; maksimal hotspot nuqtasi saqlangan, biroq tur boyligi 354 dan 340 taga kamaygan. MERRA-2 modelida ham hotspotlar asosan markaziy va g‘arbiy qismlarda joylashgan. Maksimal nuqta Boysun tizmasining 1451 m balandligida

(38.209128°N; 67.454074°E) aniqlanib, 218 tur bilan ifodalangan, bu ERA5-Land modelidan past ko‘rsatkichdir. Bu farq MERRA-2 modelida ekologik moslik nisbatan konservativ baholanganini bildiradi. 2021–2023 yillarda hotspot zonalari qisqarib, fragmentatsiya kuchaygan; maksimal nuqta saqlangan, ammo tur boyligi 218 tadan 204 taga kamaygan. Endemlarning turlar boyligi va hotspotlari oxirgi 43 yil davomida sezilarli qisqargan. Ularning asosiy areallari tog‘ yonbag‘irlari va balandliklarga siljib, 1980-yillardagi kengroq tarqalishga nisbatan toraygan (5B-rasm).

Polimorf turkumlar bo‘yicha *Gagea* ikki modelda ham barqaror yoki biroz o‘sish qayd etilgan yagona turkum bo‘lib, hotspot nuqtalari soni ham ortgan. *Scutellaria* ERA5-Land modelida qisqarish, MERRA-2 modelida esa barqarorlikni namoyon etdi. Uning hotspotlari har ikki model bo‘yicha qisqargan. *Scutellaria* turkumining iqlim o‘zgarishiga sezgirligi faqatgina hududiy darajada emas, balki xalqaro miqyosda ham isbotlangan ekologik tendensiya hisoblanadi. Bu holat Majid va boshq. (2015), shuningdek, Yin va boshq. (2024) tadqiqotlarida yaqqol ko‘rsatib o‘tilgan. Xususan, bizning tadqiqotimizda turkum vakillarining areallari yuqoriroq balandliklarga siljishi va ayrim hollarda fragmentatsiyaga uchrashi kuzatilgan.



5-rasm. A. Surxondaryo florasi uchun umumiy consensus xarita, B. Endem turlar uchun consensus xarita

2-jadval

Polimorf oilalar, polimorf turkumlar va endem turlar uchun hotspot nuqtalar soni va turlar boyligi

Oila	Hotspot nuqtalar soni	Turlar boyligi	Hotspot nuqtalar soni	Turlar boyligi	Hotspot nuqtalar soni	Turlar boyligi	Hotspot nuqtalar soni	Turlar boyligi
	ERA5-Land				MERRA-2			
	1981–1990 y		2021–2023 y		1981–1990 y		2021–2023 y	
Asteraceae	3	54	3	52	5	34	1	32
Fabaceae	1	57	1	53	5	39	4	35

Poaceae	4	50	4	47	4	33	1	32
Brassicaceae	1	40	1	29	1	23	3	19
Amaranthaceae	2	21	5	15	3	23	1	21
Surkhandarya	1	354	1	340	1	218	1	204
Turkum								
Astragalus	1	25	1	23	4	21	4	17
Allium	3	13	6	10	4	12	1	9
Cousinia	1	11	7	9	3	9	1	8
Gagea	5	7	7	8	7	7	3	7
Scutellaria	3	4	3	3	4	4	3	3
Endemlar	6	7	4	4	7	3	3	3

XULOSALAR

1. Surxondaryo viloyatida 1981–2023 yillarda yuz bergan isish darajasi jahon va mamlakatning o‘rtacha ko‘rsatkichlariga nisbatan keskinroq, tuproq haroratining ortishi, yog‘ingarchilik miqdori va tuproq namligining qisqarishi esa global iqlim o‘zgarishlari doirasida IPCC tomonidan prognoz qilingan asosiy tendensiyalar bilan hamohang kechmoqda.

2. Surxondaryo viloyati hududi bo‘ylab sodir bo‘layotgan iqlim o‘zgarishi shuni anglatadiki, o‘rganilgan turlarning 90 % dan ortig‘i hozirda 1981–1990 yillarga nisbatan o‘zgargan iqlimiy sharoitlarga moslashishga majbur bo‘lmoqda. Bugungi kunda o‘simliklarning aksariyati avvalgidan issiqroq, quruqroq va tuproq namligi past muhitlarda o‘smoqda. Ushbu natijalar jahonda kuzatilayotgan global tendensiyalarga to‘liq mos keladi.

3. Tadqiqot natijalari tog‘li hududlarda haroratning ortishi, tekisliklarda esa qurg‘oqchilik va tuproq namligining pasayishi o‘simliklar uchun asosiy xavf omillari ekanini ko‘rsatgan. Eng yuqori xavf darajasi esa endem turlar populyatsiyalarida kuzatilgan.

4. Tog‘lio‘rtaosiyo arealiga mansub turlar asosan havo va tuproq haroratining ortishidan, global floristik hududlarga oid turlar esa qurg‘oqchilik va yog‘in kamayishidan ko‘proq zarar ko‘rayotganligi aniqlandi.

5. SSDM modellashtirish natijalariga ko‘ra, Surxondaryo florasida 1981–1990 yillarga nisbatan 2021–2023 yillarda o‘sish muhiti qulayligi o‘rtacha 1,6–1,8 % ga yomonlashgan. ERA5-Land va MERRA-2 simulyatsiyalari bo‘yicha, Surxondaryo florasidagi turlarning qariyb uchdan ikki qismida yashash muhiti qulayligi pasaygan, faqat uchdan bir qismida ijobiy dinamika kuzatilgan.

6. Climate response gradient analysis natijalariga ko‘ra, Surxondaryo florasining 26–29 % i yuqori xavf ostida, 18–20 % i o‘rtacha xavfli, 17–21 % i esa past xavfli turlar sifatida baholandi. Shu bilan birga, 32–35 % turlarda ijobiy o‘zgarish, ulardan 14–15 % ida yuqori barqarorlik kuzatilgan.

7. Surxondaryo viloyati florasiga xos endem turlarning katta qismida ERA5-Land modeli bo‘yicha 71,5 %, MERRA-2 modeli bo‘yicha esa 73,1 % iqlim o‘zgarishi sharoitida barqaror yashash muhitining asta-sekin yo‘qolib borayotgani kuzatildi. Eng katta yo‘qotish 1801–2300 m balandliklarda qayd etilgan bo‘lsa,

ijobiy dinamika asosan 300–800 m diapazonida joylashgan populyatsiyalarda qayd etilgan.

8. Consensus habitat suitability xaritalari prognozlariga ko‘ra, 1981–1990 yillarga nisbatan 2021–2023 yillarda floristik hotspotlarning maydoni qisqarib, fragmentatsiyaga uchradi va maksimal tur boyligi kamaydi. Boysun tizmasi “yadro zona” sifatida barqaror saqlanib qolgan bo‘lsa-da, uning atroflarida sezilarli qisqarish kuzatildi. Shu bilan birga, cho‘lga xos ayrim turlar yuqori balandliklarga ko‘tarilib, ekotizimning quruq-sho‘rxok yo‘nalishga siljish tendensiyasini namoyish etishi mumkin.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.05/2025.27.12.B.23.01.M ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ БОТАНИКИ

ИНСТИТУТ БОТАНИКИ

АКБАРОВ ФЕРУЗ ИКБОЛОВИЧ

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРИРОДНУЮ ФЛОРУ СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

03.00.05 – Ботаника

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент – 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по биологическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2024.3.PhD/B1240.

Диссертация выполнена в Институте ботаники.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу www.botany.uz и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель:	**Тожибаев Комилжон Шаробитдинович** доктор биологических наук, академик
Официальные оппоненты:	**Олимжан Каххарович Хожиматов** доктор биологических наук, профессор
	Ходжаназаров Октам Эштемирович доктор биологических наук, профессор
Ведущая организация:	**Наманганский государственный университет**

Защита диссертации состоится «17» февраля 2026 года в 14^{00} часов на заседании Научного совета DSc.05/2025.27.12.B.23.01.M при Институте ботаники (Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. Дурмон йули, дом 32. Актовый зал Института ботаники. Тел.: (+99871) 262-37-95, факс: (+99871) 262-79-38, E-mail: botany@academy.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института ботаники (зарегистрированна за №81). Адрес: 100125, г. Ташкент, ул.Дурмон йули, дом 32. Тел.: (+99871) 262-37-95.

Автореферат диссертации разослан «4» февраля 2026 года.
(реестр протокола рассылки №20 от «4» февраля2026 года).

Б.А. Адилов
Заместитель председателя научного совета по присуждению учёных степеней, д.б.н., старший научный сотрудник

А.В. Махмудов
Ученый секретарь Научного Совета по присуждению учёных степеней, PhD, старший научный сотрудник

Х.Ф. Шомуродов
Председатель Научного Семинара при Научном Совете по присуждению учёных степеней, д.б.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Глобальное изменение климата является одной из наиболее актуальных экологических проблем современности и представляет серьёзную угрозу для устойчивости природных систем Земли. Особенно уязвимыми в данном контексте являются регионы с засушливым, континентальным климатом, в частности аридные и экстрааридные районы Центральной Азии, которые испытвают наибольшее воздействие климатических изменений в Евразии (World Bank Group, 2021). Происходящие изменения затрагивают не только климатические параметры, но и различные экосистемы в целом, включая состав природной флоры. В Центральной Азии Сурхандарьинская область относится к числу наиболее богатых флористических регионов с уникальным сочетанием пустынных аридных и высокогорных гумидных элементов, и резкие колебания климатических показателей могут вызвать трансформацию её таксономического состава и структуры флоры, а также поставить под угрозу существование отдельных видов.

В последние годы флористические исследования, проводимые в Республике Узбекистан вышли на новый этап развития. В частности, впервые в пределах Средней Азии было начато изучение флоры природных географических районов на основе сплошного сеточного картирования (Tojibaev et al., 2022). Ранее флористическое разнообразие, изученное в масштабе речных бассейнов в качестве элементарной единицы, горных систем или административных выделов, были детализированы до уровне ячеек (индексов) сеточной карты размером 5×5 км. Такой подход позволил сформировать масштабную геопривязанную базу данных, проводить геопространственные анализы флористического разнообразия и, на этой основе, впервые в Средней Азии оценивать воздействие внешних факторов, в том числе изменения климата на модели растительного разнообразия.

Исходя из вышеизложенного, была сформированы основные задачи данной диссертационной работы, направленная на понимание региональных основ воздействия глобального изменения климата на природную флору, а также на оценку степени влияния на видов растений природной флоры в пространственном и временном разрезах. Полученные научные результаты позволили создать фундаментальную основу глубокого изучения механизмов адаптации флористических элементов к климатическим изменениям.

В Республике Узбекистан в данном направлении сформированы важные правовые и институциональные основы. В Указе Президента Республики Узбекистан «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года[2]» предусмотрены ключевые задачи, такие как сохранение и охрана объектов окружающей среды (земли, воды,

[2] Указ Президента Республики Узбекистан от 30 октября 2019 года № УП-5863 "Об утверждении концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года".

атмосферного воздуха, недр, растительного и животного мира) и обеспечение научного сопровождения природоохранной деятельности. Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» непосредственно связан с данными задачами. Также важную роль играют нормативные акты: Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 7 ноября 2018 года № 914 «О государственном учёте объектов животного и растительного мира, определении объёмов их использования и формировании государственного кадастра», Постановление от 19 декабря 2018 года № 1034 «О мерах по подготовке, изданию и учётному сопровождению Красной книги Республики Узбекистан», а также постановление от 11 июня 2019 года № 484 «Об утверждении стратегии сохранения биологического разнообразия Республики Узбекистан на 2019–2028 годы», которые, вместе с другими нормативными документами, в значительной мере служат обеспечению реализации обозначенных задач.

Соответствие исследований основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан V «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Изучение влияния изменения климата на растения имеет богатую историю в научной литературе и в настоящее время приобретает глобальную научную актуальность (Seth, 2014). В классической научной литературе первые основательные результаты отражены ещё с работ Гриннелла (Grinnell, 1917), который впервые обосновал роль климатических факторов в формировании природных ареалов видов растений. В конце XX века рост концентрации парниковых газов в результате антропогенной деятельности ускорил изменение климата и усилил угрозу биологическому разнообразию. Вследствие этого объём и масштаб научных исследований, посвящённых данной проблеме, значительно возросли (Parmesan, 2006). В базах данных Web of Science (2 310) и Scopus (10 274) по ключевым словам “climate change” и “vegetation” публикуются тысячи статей, а в системе Google Scholar по состоянию на 2025 год фиксируются свыше 3,24 миллиона научных работ. Эти показатели свидетельствуют о том, что данное направление является одним из наиболее активно изучаемых в мировой науке. Несмотря на это, в географическом распределении научных исследований наблюдается существенная диспропорция: их основная часть приходится на страны Северной Америки и Европы, тогда как Азия и, в частности, Центральная Азия относятся к числу наименее изученных регионов с точки зрения взаимосвязей между климатом и флорой (Parmesan, 2006; 2015; Urban, 2015). В последние годы на территориях Китая (Weng and Zhou, 2006; Zhang et al., 2021; Chen J. et al., 2024; Luo et al., 2025; Ren et al., 2025; Xiang et al., 2025), Казахстана (Dimeyeva, 2015) и Кыргызстана (Kulikov, 2017; Donbaeva, 2024) были проведены отдельные исследования по отдельным видам с использованием

моделей SDM (Bioclim, MaxEnt и др.). Однако эти работы в основном ограничиваются прогностическими оценками, выполненными на основе глобальных климатических сценариев. Исследования, проводимые в последние годы по флоре Узбекистана и Центральной Азии, формируются как региональный ответ на данный глобальный научный тренд. В работах таких исследователей, как Adilov B.A. (2021, 2022), Habibullaev B.S. (2022), Daminova N.E. (2023), Khoshimov Kh.R. (2023), Turginov O.T. (2024), Абдуллаев и Акбаров (2024), а также Akbarov F.I. (2021, 2022, 2024), были оценены современные и будущие зоны распространения отдельных эндемичных и редких видов с использованием моделей SDM. Кроме того, в исследованиях Shomurodov et al. (2024) и Khabibullaev et al. (2022) было проанализировано влияние климатических факторов на популяции отдельных видов, а также была оценена их степень угрозы и охранный статус. «Анализ существующей литературы показывает, что ряд важных аспектов проблемы остаётся недостаточно освещённым. Во-первых, влияние изменения климата на структуру флоры в Центральной Азии, включая территорию Узбекистана, в большинстве случаев оценивалось преимущественно на основе прогностических моделей, тогда как исследования, в которых бы флористические изменения напрямую сопоставлялись с реальными долгосрочными данными наблюдений за конкретные временные периоды, практически отсутствуют. Во-вторых, большинство имеющихся исследований было ограничено уровнем отдельных видов, тогда как комплексный анализ на уровне всей флоры, крупных таксономических единиц (семейств, родов) или флористических «hotspot»-регионов пока не был осуществлён. В-третьих, несмотря на то что геопривязанные гербарные данные были накоплены в очень больших объёмах, они, как правило, использовались лишь для составления флористических списков или отображения локального распространения видов и не были доведены до уровня интегрированного анализа в сочетании с климатическими данными. С использованием подходов сеточного картографирования, Consensus Mapping и Stacked Species Distribution Modeling (SSDM) определяются экологическая пригодность на уровне флоры, семейств и родов, а также взаимосвязи между климатом и флорой и флористические hotspot-регионы. В результате работа обеспечивает количественную оценку реального воздействия изменения климата на флору Сурхандарьи и формирует новую методическую платформу для исследований в регионе.

Связь темы диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена работа. Диссертационное исследование выполнено в рамках государственной программы «Сеточное картирование флоры Юго-Западного Гиссарского, Гиссаро-Дарвазского и Припянджского районов (часть Сурхандарьинской области)» Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан (2021–2024).

Целью исследования. Оценка воздействия изменения климата на флору Сурхандарьинской области и прогнозирование возможных флористических изменений.

Задачи исследования:

анализ многолетних тенденций основных температуры воздуха, осадков, температуры и влажности почвы в качестве климатических факторов и построение аналитических карт с разрешением 1×1 км, отражающих показатели климатических изменений;

оценка пространственной дифференциации флористических единиц (семейств, родов, видов) в зависимости от интенсивности климатических изменений, а также анализ их устойчивости и степени риска

оценка степени воздействия климатических изменений на естественную флору в разрезе географических элементов, жизненных форм, ботанико-географических районов и индексов сеточной карты района исследований;

моделирование воздействия климатических изменений на пригодность среды обитания (suitable habitats) и анализ её динамики во времени;

выявление центров биологического разнообразия (hotspot) для флоры Сурхандарьинской области на основе Stacked Species Distribution Modeling (SSDM, многослойного моделирования распределения видов);

Объект исследования. Высшие сосудистые растения естественной флоры Сурхандарьинской области и их состояние в контексте климатических изменений.

Предмет исследования. Механизмы взаимосвязи высших растений флоры и климатических параметров.

Методы исследования. В исследовании использованы методы тренд-анализа, статистического сопоставления, анализа основных компонент (PCA), метода дельта-изменений (Delta Change Method), анализа климатического отклика по градиенту (climate response gradient analysis), а также Stacked Species Distribution Models (SSDM, многослойного моделирования распределения видов).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Впервые на юге Узбекистана на примере флоры высших сосудистых растений Сурхандарьинской области региональные особенности глобального изменения климата комплексно оценены с пространственным разрешением 1×1 км, а также построены аналитические карты, отражающие динамику изменений основных климатических индикаторов во времени;

впервые на уровне семейств, родов и видов природной флоры выявлено воздействие изменения климата на естественную флору, а степень риска для них комплексно оценена в разрезе климатических факторов;

определена степень чувствительности географических элементов, ботанико-географических районов и ячеек сеточной карты флоры к глобальному потеплению и засухе, а полученные результаты представлены в качестве реального индикатора регионального изменения климата;

впервые для естественной флоры района исследований разработаны прогностические модели SSDM высокого разрешения на основе данных реального времени, отражающие влияние изменения климата;

впервые на основе карт Consensus habitat suitability выявлены центры биологического разнообразия (biodiversity hotspot) района исследований и определены территории с наибольшей концентрацией экологической пригодности для видов;

предложен новый концептуальный подход для оценки взаимосвязи между изменением климата и флорой с использованием цифровых моделей.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

в пределах территории Сурхандарьинской области в 1981–2023 гг. наблюдавшиеся основные климатические показатели температура воздуха, количество осадков, температура почвы и влажность почвы были собраны из международных платформ ERA5-Land, MERRA-2 и CHIRPS, и на их основе была сформирована цифровая база данных;

созданы аналитические карты, отражающие тенденции изменения температуры воздуха, количества осадков, температуры почвы и влажности почвы, наблюдавшиеся в районе исследований в 1981–2023 годах.

в условиях изменения климата выявлены флористические единицы, подвергающиеся сильному воздействию глобального потепления и засухи, а состав флоры классифицирован по степени угрозы;

разработаны высокоточные прогностические модели SSDM для полного состава флоры региона, а также для полиморфных семейств, полиморфных родов и эндемичных видов, основанные на данных реального времени;

созданы карты Consensus habitat suitability, отражающие наиболее сконцентрированные экологически благоприятные районы для природной флоры района исследований;

по результатам исслдедований предложен новый концептуальный подход для оценки взаимосвязи между изменением климата и флорой с использованием цифровых моделей;

полученные научные результаты позволили создать фундаментальную основу для изучения механизмов адаптации моделей растительного разнообразия и более глубокого понимания флоры Узбекистана и Горного Среднеазиатского региона на фоне климатических изменений.

Достоверность результатов исследования подтверждается следующими факторами: объемом и качеством составленной базы данных (гербарные материалы собраны в соответствии с современными научными подходами, а климатические показатели получены из международных признанных баз с высокой временной и пространственной точностью), современностью применённых методов (Bioclim, SSDM, consensus mapping, GIS), процедурами проверки и сопоставления результатов (проведено перекрестное сравнение в разрезе различных источников и моделей), статистическим анализом и валидацией (оценка с использованием таких показателей, как AUC, TSS, Kappa), а также соответствием практическим

результатам (результаты моделирования сопоставлены с региональными флористическими наблюдениями и подтверждены). Вместе с тем, результаты исследования были обсуждены на республиканских и международных научно-практических конференциях и получили признание специалистов. На основе материалов исследования подготовлены научные статьи, опубликованные в авторитетных журналах.

Научно-практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что специфические особенности флоры Сурхандарьинской области проанализированы на основе современных методов моделирования (Bioclim, SSDM, consensus mapping, GIS), а также комплексно изучено влияние изменения климата на современное географическое распространение растений. Полученные результаты служат фундаментальным научным источником для оценки реакций видов флоры и флористических элементов на изменение климата.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что в нём выявлен механизм влияния изменения климатических и почвенных условий на географическое распространение и среду обитания видов растений, а также разработаны прогностические модели с высоким разрешением. Полученные результаты могут быть практически использованы для сохранения региональных флористических ресурсов, мониторинга находящихся под угрозой видов, стабилизации среды обитания и разработки региональных адаптационных стратегий. Кроме того, они служат важным источником для оценки экологических последствий и применения в образовательном процессе.

Внедрение результатов исследования. В рамках исследований по оценке влияния изменения климата на природную флору Сурхандарьинской области:

Данные по 1005 гербарным образцам, относящимся к 187 видам природной флоры Сурхандарьинской области, внесены в Глобальную информационную систему о биоразнообразии (www.gbif.org, GBIF) (Сертификат базы данных о глобальном биоразнообразии, свидетельство № 040 от 30 мая 2025 года). Полученные результаты способствовали обогащению базы данных растений портала GBIF.

Более 200 гербарных образцов, относящихся к 117 видам природной флоры Сурхандарьинской области, переданы в фонд научного уникального объекта Национального гербария Узбекистана (TASH) (Справка Академии наук Республики Узбекистан № 4/1255-1336 от 30 мая 2025 года). Полученные результаты способствовали обогащению коллекции Среднеазиатского отдела фонда научного уникального объекта Национального гербария Узбекистана (TASH).

Апробация результатов исследования. Данные исследования были обсуждены на 2 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 12 научных работ, из них 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 5 в республиканских и 2 в зарубежных журналах (индексируемых в базах Scopus и WoS), а также 5 в материалах международных и республиканских научно-практических конференций.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составил 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В разделе введения обоснованы актуальность данной диссертационной работы, приведены цель и задачи исследования, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан, изложены научная новизна и практическая значимость проведенных исследований, раскрыто научное и практическое значение полученных результатов, представлены сведения о внедрении результатов исследования в практику, о публикациях, а также о структуре диссертации.

Первая глава диссертации носит название **«Анализ литературы и методы исследования»**. В первой части главы изложена степень изученности проблемы в научной литературе, существующие научные пробелы в регионе, а также предложенные решения и рекомендации, направленные на их устранение. Во второй части главы подробно представлены использованные в исследовании методологические подходы, алгоритмы и программные средства.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Долгосрочные тенденции изменения основных климатических факторов в Сурхандарьинской области»**, проанализирована динамика основных климатических факторов (температуры воздуха, количества осадков, температуры и влажности почвы), наблюдавшихся в районе исследований в 1981–2023 годах, на основе 6 352 605 данных, полученных из баз Всемирного банка, Узгидромета, а также международных источников ERA5-Land, MERRA-2 и CHIRPS. Результаты оценены в сравнении с глобальными и региональными процессами изменения климата.

В первой части второй главы диссертации изучена динамика изменения среднегодовой температуры воздуха в Сурхандарьинской области за период 1981–2023 гг. Анализ показал, что по данным Всемирного банка за данный период температура повысилась на 1.4 °C, а по наблюдениям Узгидромета на 1.9 °C. Результаты международных реанализов ERA5-Land и MERRA-2 также подтверждают устойчивую тенденцию повышения температуры в регионе. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в Сангардак–Тупалангском ботанико-географическом районе, где оно достигло 18.6–19.6%, при этом максимальные показатели зафиксированы на высотах 3300–3900 м (более

40%), где глобальная тенденция климатического потепления ярко проявляется. Эти показатели свидетельствуют о чётком соответствии высокогорных территорий Сурхандарьи глобальной тенденции климатического потепления, при этом более выраженное проявление глобального потепления в высокогорных районах научно подтверждается концепцией «Elevation-dependent warming» (потепление, зависимое от высоты) (Pepin et al., 2015).

Во второй части данной главы рассматриваются количество атмосферных осадков, наблюдавшихся в Сурхандарьинской области в 1981–2023 гг., тенденции их изменения, а также колебательные (вариационные) особенности. Сокращение осадков было зафиксировано более чем на 90% территории области, при этом общее уменьшение составило от 6 до 60%. Наибольшее снижение было зафиксировано в Шурчи (37.6%) и Термезе (32.4), наименьшее на станции Денов (6 %). В разрезе ботанико-географических районов наиболее уязвимыми оказались Сурхон–Шерабадский и Бабатагский районы, где сокращение достигло 20–24%, тогда как в Байсунском районе зафиксированы минимальные изменения. Указанный процесс соответствует глобальным прогнозам, согласно которым к концу XXI века в средних и низких широтах ожидается уменьшение количества осадков более чем на 20%, а в субтропических зонах усиление засушливости (IPCC, 2008; Polade et al., 2017).

В третьей части главы проанализирована годовая и пространственная изменчивость температуры почвы. Результаты исследования показывают, что за последние 43 года температура почвы в регионе по данным Узгидромета повысилась в среднем на 2.3 °C (12.0 %), по данным ERA5-Land на 2.2 °C (15,4 %), а по данным MERRA-2 на 2.1 °C (17.0 %). Это подтверждает регональное проявление глобальных климатических изменений, параллельных тенденциям, отмеченным в Германии (Dorau et al., 2022) и Китае (Zhang et al., 2016). Темпы повышения температуры почвы выше, чем темпы повышения температуры воздуха (García-García et al., 2023). Этот процесс подтверждён и в Сурхандарьинской области. В Сангардак–Тупалангском ботанико-географическом районе изменение температуры воздуха составило 18.6%, тогда как температура почвы увеличилась до 26.3%.

В четвертой части главы проанализированы годовые изменения и пространственные тенденции влажности почвы. Согласно полученным данным, в Сурхандарьинской области в 1981–2023 гг. наблюдалось постепенное сокращение влажности почвы: показатели составили 15.5% по данным ERA5-Land и 14.9% по данным MERRA-2. Сокращение влажности почвы было наиболее выраженным в равнинных и предгорных районах области (266–1100 м), где значения превысили 20%, при этом данный процесс отчётливо проявился в Сурхон–Шерабадском ботанико-географическом районе. Согласно исследованиям Martin Hirschi (2025), в 2000–2022 гг. тенденция высыхания почвы в поверхностном и корневом слоях была отмечена на 49.3% площади суши по данным ERA5-Land и на 44.5% по данным MERRA-2, при этом снижение влажности составило 20.6% и 21.1%

соответственно. Сокращение влажности почвы, зафиксированное в Сурхандарьинской области, находится на более низком уровне по сравнению с глобальными показателями, а также с показателями, характерными для Средиземноморского региона Европы, районов Чёрного и Каспийского морей, Центральной Азии, Сибири, прерий США и Канады, Южной Америки, Африки и северо-западной Австралии (Hirschi et al., 2025).

Третья глава диссертации называется **«Таксономическое и географическое влияние изменения климата на естественную флору Сурхандарьи»**. В этой главе отмечается, что более 90% видов растений, составляющих флору области, в 2021–2023 гг. вынуждены адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям по сравнению с 1981–1990 гг. Результаты исследования показали, что основными факторами риска являются повышение температуры в горных районах, а также уменьшение количества осадков и снижение влажности почвы на равнинах. Наиболее высокий уровень риска был зафиксирован в популяциях эндемичных видов. В первой части главы было проанализировано влияние изменения климата на флористические единицы и уровень риска в разрезе общей флоры, полиморфных семейств, полиморфных родов, широко распространённых доминантных видов, а также эндемичных видов. По данным ERA5-Land, общее воздействие изменения климата на флору Сурхандарьинской области оценено в 15,3%, тогда как по данным MERRA-2 и CHIRPS этот показатель составил 16,5%. Интенсивность климатических изменений, зафиксированная в районах с популяциями видов, относящихся к полиморфным семействам, по данным ERA5-Land оказалась на 0.2% ниже, а по данным MERRA-2 на 0.4% по сравнению с общими показателями флоры области. В полиморфных родах эти показатели, напротив, были выше и составили 0.1% в модели ERA5-Land и 1.0% в модели MERRA-2. Наиболее широко распространённые доминантные виды также показали интенсивность на 0.1–0.2% выше средних значений флоры области. При этом процессы климатической трансформации, зафиксированные в популяциях эндемичных видов, были на 4.2% выше общих показателей флоры района исследований, что подтвердило их наибольшую чувствительность к глобальным климатическим изменениям. В целом, полученные результаты показывают, что климатические изменения во флоре Сурхандарьи оказывают дифференцированное влияние на разных таксономических уровнях и свидетельствуют о высоком уровне риска для экологической устойчивости популяций эндемичных видов. Среди полиморфных семейств представители семейства Amaranthaceae расположены в районах с наибольшими климатическими изменениями (ERA5-Land—15.9%, MERRA-2—17.3%). Напротив, наиболее низкие изменения были зафиксированы в районах с преобладанием видов семейства Fabaceae по данным ERA5-Land (13.9%) и с видами Brassicaceae по данным MERRA-2 (15.5%) (рис. 1). Среди полиморфных родов виды рода *Scutellaria* подвергаются наибольшему воздействию климатических изменений, и этот результат был зафиксирован как в модели ERA5-Land, так и в модели MERRA-2. В районах с популяциями

Gagea климатические изменения были зафиксированы на самом низком уровне: 14.3% по данным ERA5-Land и 15.9% по данным MERRA-2 (рис. 2).

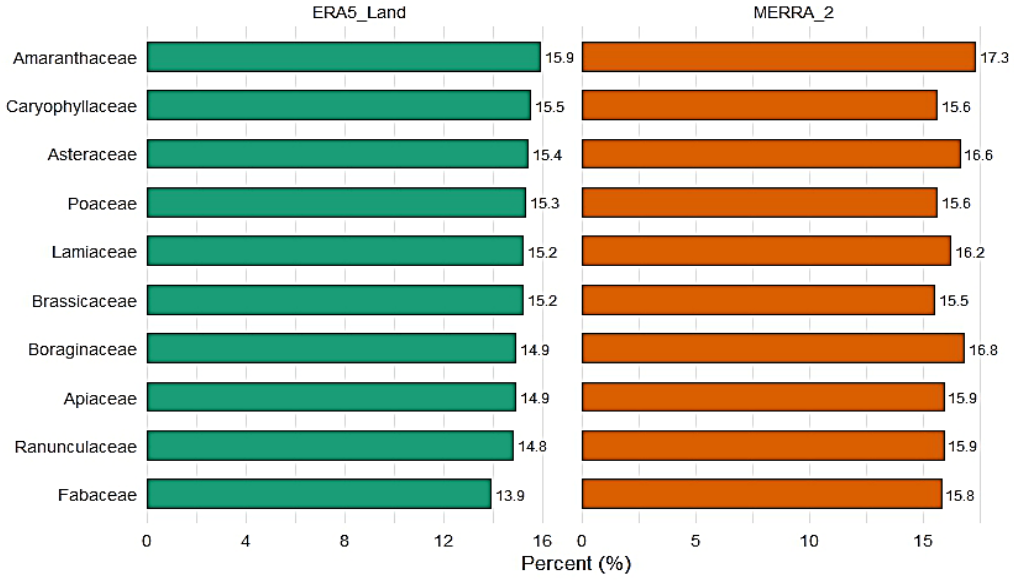


Рис. 1. Интенсивность климатических изменений в разрезе некоторых полиморфных семейств района исследований

По данным ERA5-Land и MERRA-2 распределение эндемичных видов по уровням климатических изменений оказалось выше по сравнению с более широко распространенными видами на 4% и 4.1% соответственно. Территориальное распределение эндемичных видов по уровням климатических изменений, по сравнению с показателями наиболее широко распространённых видов флоры, по данным ERA5-Land оказалось выше на 4%, а по данным MERRA-2 на 4.1%.

Lagochilus botschantzevii и *Seseli merculowiczii* которые относятся к числу эндемичных видов была зафиксирована наибольшая степень климатической трансформации. Результаты обеих моделей (ERA5-Land и MERRA-2) показывают, что воздействие климатических изменений на эндемичные виды по высотному градиенту наблюдается наибольшим в диапазоне 2301–2800 м и наименьшим у видов, произрастающих в интервале 1301–1800 м (таб. 1). В то же время высотный интервал 1301–1800 м является диапазоном с наибольшим видовым разнообразием эндемичных растений: здесь было зафиксировано 29 видов (46 %), тогда как в интервале 2301–2800 м отмечены популяции 14 видов (22,2 %) (Akbarov, 2022). Во второй части главы проанализировано влияние изменения климата на флору в разрезе жизненных форм, географических элементов, ботанико-географических районов и ячеек сеточной карты. Хамефиты зафиксированы как жизненные формы, произрастающие в районах, где климатические изменения происходят наиболее интенсивно, тогда как криптофиты произрастающие в относительно стабильных местобитаниях.

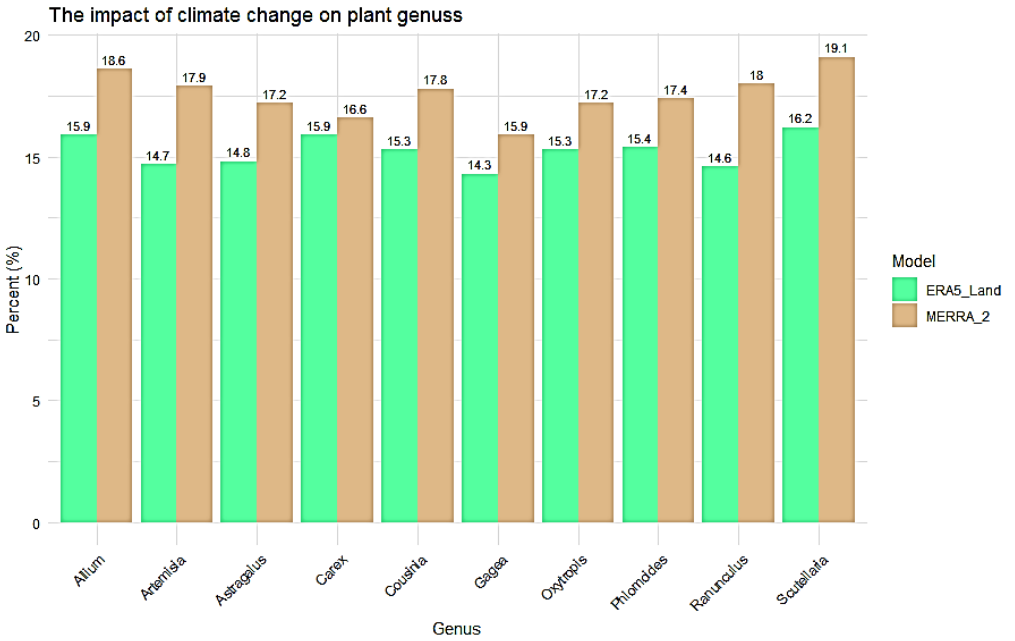


Рис. 2. Интенсивность климатических изменений в разрезе некоторых полиморфных родов района исследований

Таблица 1

Влияние климатических изменений на эндемичные виды по высотному градиенту

Change % ERA5-Land						
Alt. (m)	300–800	801–1300	1301–1800	1801–2300	2301–2800	2801–3364
Valid	48	134	131	45	24	14
Mean	18.7	21.3	16.5	18.7	23.8	18.9
Std.Deviation	5.6	11.0	3.1	5.6	9.3	3.4
Minimum	11.8	11.5	11.0	11.8	11.7	11.7
Maximum	36.9	75.6	26.0	36.9	47.5	25.0
Change % MERRA-2						
Valid	48	134	131	45	24	14
Mean	19.6	23.5	17.8	19.3	25.2	21.0
Std.Deviation	8.7	9.07	4.0	6.7	13.3	2.6
Minimum	0.0	11.2	7.7	5.8	17.1	13.9
Maximum	41.0	41.8	26.4	36.7	85.4	23.4

В разрезе географических элементов наибольшее изменение приходится на Горниесреднеазиатские виды, для которых установлено, что повышение температуры воздуха и почвы является основным фактором. Виды, относящиеся к глобальным флористическим регионам, в большей степени подвергаются рискам, связанным с засухой и резким сокращением количества осадков. Исходя из рельефных особенностей, флора Сангардак-Тупалангского ботанико-географического района, с наибольшей средней высотой (1654 м), испытывает влияние повышения температуры воздуха и почвы, в то время как флора Сурхон-Шерабадского района (399 м), большая часть территории которого представлена равнинами, испытывает влияние снижения уровня влажности (рис. 3). Кроме того, 10 ячеек сеточной карты, где наблюдается наибольшая степень климатических изменений, расположены в высотном

диапазоне 2422–3496 м, и для растений, произрастающих в этих индексах, основным фактором риска является повышение температуры воздуха и почвы. В этих индексах степень потепления воздуха достигает от 46.7% (MERRA-2) до 79.4% (ERA5-Land). В альпийской зоне Кавказских гор (Россия) по данному показателю выявлена изменчивость до 59% (Soudzilovskaia et al., 2013). В то же время снижение влажности почвы во флоре указанных индексов составляет 12–13%, что ниже значений, зафиксированных в Средиземноморском регионе Европы (14,1–16,3 %) (Fader et al., 2020).

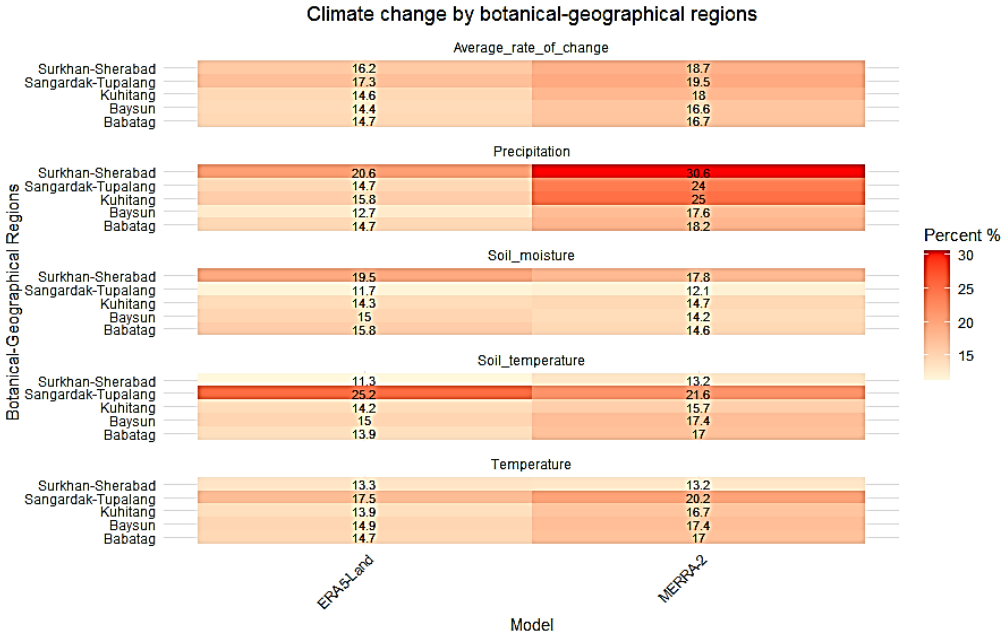


Рис. 3. Интенсивность воздействия климатических изменений на флору ботанико-географических районов по основным климатическим факторам

В четвёртой главе диссертации, озаглавленной **«Влияние климатических изменений на пригодность местообитаний растений (suitable habitats) и её динамика во времени»**, разработаны прогнозные модели высокой точности Stacked Species Distribution Models (SSDM) для полного таксономического состава флоры Сурхандарьинской области на основе данных в реальном времени. С помощью этих моделей была проанализирована динамика изменений пригодности местообитаний (suitable habitats) во времени в разрезе 1981–1990 и 2021–2023 годов по общему составу флоры, полиморфным семействам и родам, а также эндемичным видам. Кроме того, в данной главе на основе карт consensus habitat suitability были выявлены районы наибольшей концентрации экологической пригодности для природной флоры Сурхандарьинской области, и в интервале 1981–1990 и 2021–2023 годов были оценены изменения во флористических hotspots на уровне общей флоры, полиморфных семейств и родов и эндемичных видов.

В первой части данной главы приведены результаты изучения изменения пригодности местообитаний (suitable habitats) по систематическим единицам флоры Сурхандарьинской области. Одним из основных механизмов распространения и выживания видов является наличие условий среды, необходимых для их роста и размножения. Эти условия среды в основном

определяются абиотическими детерминантами, такими как свойства почвы и климатические показатели. (Peterson et al., 2002). Поэтому в данном исследовании на основе климатических, высотных и почвенных параметров за 1981–1990 годы впервые были смоделированы пригодные для растений местообитания (suitable habitats) с использованием метода SSDM, и эти результаты были сопоставлены с условиями окружающей среды за 2021–2023 годы. Внедрение подхода SSDM обеспечило методологическое преимущество исследования. Согласно результатам моделирования за 1981–1990 годы, средняя пригодность местообитаний для видов флоры района исследований составила 63.1% по данным ERA5-Land и 62.7% по данным MERRA-2. Однако результаты моделирования для 2021–2023 годов показали снижение этих показателей до 61.5% (ERA5-Land) и 60.9% (MERRA-2). На фоне климатических изменений и глобального потепления за последние 43 года средняя пригодность местообитаний для растений во флоре Сурхандарьинской области ухудшилась на 1.6% по модели ERA5-Land и на 1.8% по симуляциям MERRA-2. Согласно результатам модели ERA5-Land, условия местообитаний улучшились для 34.5% видов, тогда как для 65.5% — ухудшились. По данным MERRA-2 положительные изменения отмечены у 32.2% видов, а отрицательные у 67.8%. Для сравнения, во флоре охраняемых территорий Европы прогнозируется, что к 2080 году 58±2.6% видов растений утратят благоприятные условия обитания (Araújo et al., 2011). В рамках исследования было проанализировано 56 675 точек произрастания, относящихся к 2191 виду. Согласно результатам модели ERA5-Land, в 33 879 точках был зафиксирован отрицательный реакция на изменение климата, а в 22 796 точках положительный. Модель MERRA-2 показала 34 484 отрицательных и 22 191 положительный результат. По результатам моделирования, пригодность местообитаний в семействе Amaranthaceae снизилась на 9% по данным ERA5-Land и на 11% по данным MERRA-2, что является самым высоким отрицательным показателем среди ведущих семейств. Fabaceae среди полиморфных семейств выделяется как семейство с наименьшим сокращением благоприятных условий обитания. В условиях климатических изменений благоприятность местообитаний для ведущих родов уменьшилась на 3.3% по данным ERA5-Land и на 4.2% по данным MERRA-2. Из десяти полиморфных родов восемь продемонстрировали отрицательную динамику, и лишь роды *Gagea* Salisb. и *Cousinia* Cass. показали положительную динамику. Особенно выделяется род *Gagea*, который в обеих моделях оказался наименее подверженным влиянию климатических изменений и сохранил положительную динамику (≈+2%). Благодаря ранней фенологической активности растения могут быть менее подвержены воздействию экстремальных температур и периодов засухи (Footitt et al., 2021). У видов рода *Oxytropis* зафиксированы наибольшие отрицательные изменения. Этот род в основном характерен для горных и луговых районов (Brysting et al., 2004; Singh et al., 2023) и отличается высокой чувствительностью к климатическим изменениям (Rosbakh, 2014). Во флоре

Сурхандарьинской области род *Oxytropis* представлен несколькими видами, которые распространены в интервале высот 905–3291 м, при этом средняя высота составляет 1918 м. Большая часть популяций расположена на высотах, где климатические изменения наблюдаются наиболее интенсивно Большая часть популяций расположена на высотах, где климатические изменения наблюдаются наиболее интенсивно.

Для значительной части эндемичных видов флоры Сурхандарьинского региона зафиксировано сокращение устойчивых местообитаний: по модели ERA5-Land на 71,5 %, по модели MERRA-2 на 73,1 %. Наибольшие потери отмечены в высотном интервале 1801–2300 м, тогда как положительная динамика преимущественно характерна для видов, распространённых в диапазоне 300–800 м. Согласно данным Абдуллаева и Акбарова (2024), для относительно широко распространённого вида *Poa bactriana* современная оптимальная зона обитания зафиксирована в высотном интервале 2500–4000 м. Результаты прогнозирования на 2050 год, выполненные на основе климатических сценариев RCP2.6 и RCP8.5, показали смещение благоприятных экологических условий для данного вида вниз по высотному градиенту, в результате чего оптимальная зона обитания прогнозируется в пределах 1500–3000 м. Несмотря на общее сокращение потенциального ареала, в районах Бойсун и Сангардок–Тўпаланг отмечено существенное увеличение площадей, оптимальных для обитания вида. Полученные результаты представляют собой надёжные доказательства того, что изменения ареалов видов в условиях климатических изменений не характеризуются единым направлением и интенсивностью, а также научно обосновывают дифференцированное проявление концепции «elevation-dependent warming» на уровне отдельных видов.

Виды были разделены на группы по степени изменений условий обитания (climate response gradient analysis) (Pacifici et al., 2015). Виды с положительными изменениями классифицировались как имеющие низкий уровень улучшения (0%–+5 %), средний (+5%–+10 %) и высокий (+10%–+19% или +17%). В то же время виды с ухудшенными местообитаниями были отнесены к категориям: низкое ухудшение (от 0% до 5%), средний риск (от 5% до 15 %) и высокий риск (от 15% до 24% или 23%) (рис. 4). По модели ERA5-Land 17.8% видов, входящих во флору, были отнесены к категории с низким ухудшением, 18.6% к категории со средним риском и 29.1% к категории видов, находящихся под высоким риском. По модели MERRA-2 21.4% видов были отнесены к категории с низким ухудшением, 20.3% к категории со средним риском и 26.1% к категории находящихся под высоким риском. Число видов, проявивших положительную реакцию на климатические изменения, составило 755 (34.5%) по модели ERA5-Land и 707 (32.2%) по модели MERRA-2. Высокий уровень положительных изменений был зафиксирован соответственно у 331 вида (15.1%) и 318 видов (14 %).

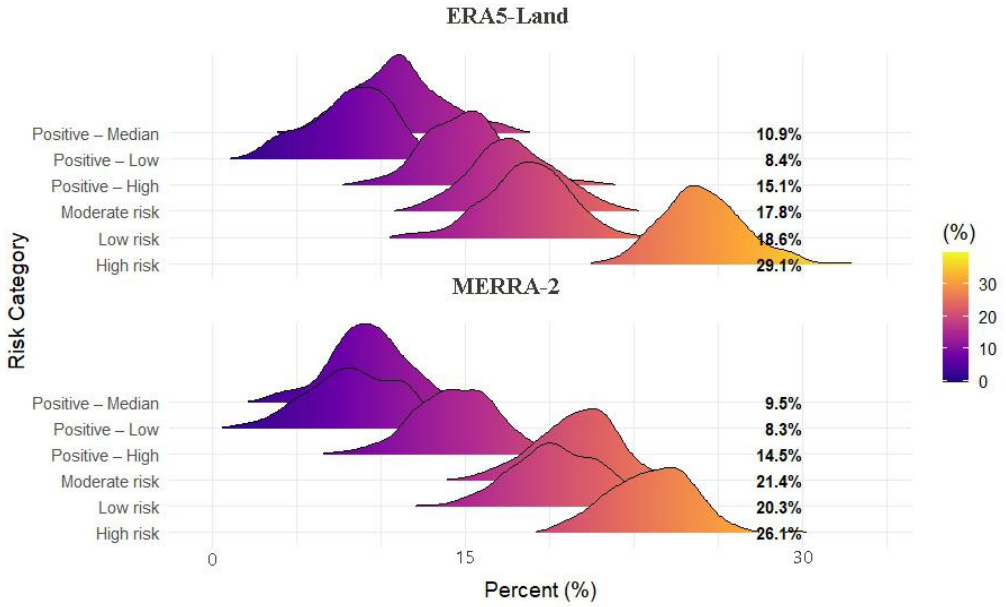


Рис. 4. Распределение видов по уровням риска, связанным с климатическими изменениями

Во второй части главы проанализированы изменения пригодности местообитаний (suitable habitats) в разрезе жизненных форм растений, классов ареалов и ботанико-географических районов. Фанерофиты показали наиболее отрицательный результат в ответ на климатические изменения. Это объясняется их медленным ростом, продолжительностью жизненного цикла и низкой приспособляемостью к резким изменениям экологических условий (Allen et al., 2010). Гемикриптофиты демонстрируют более устойчивый отклик на климатические изменения благодаря своей высокой экологической пластичности (Perez-Harguindeguy et al., 2013), особенности роста близко к поверхности земли (Svenning & Sandel, 2013) и стратегии «локальной устойчивости» (Thuiller et al., 2005). Согласно анализу географических элементов, наибольшие отрицательные потери наблюдались у видов Горносреднеазиатского ареала. Обитание этой группы в узких экологических нишах свидетельствует о их низкой приспособляемости к климатическим изменениям (Parmesan, 2006). Напротив, плюрирегиональные виды благодаря высокой экологической пластичности проявили себя как наиболее устойчивую группу (Parmesan, 2006). В разрезе ботанико-географических районов наибольшие потери отмечены у видов флоры Сангардак–Тупалангского и Сурхан–Шерабадского ботанико-географических районов.

В третьей части главы на основе метода Stacked Species Distribution Modeling (SSDM) были идентифицированы центры растительного разнообразия (флористические горячие точки), которые сопоставлялись по периодам 1981–1990 и 2021–2023 годов, а также были проанализированы произошедшие изменения. Результаты по общей флоре в моделях ERA5-Land и MERRA-2 показали одинаковую тенденцию: по сравнению с 1981–1990 годами в 2021–2023 годах площадь флористических горячих точек сократилась, подверглась фрагментации и максимальное видовое богатство уменьшилось. Бойсунский хребет сохранился в качестве «ядровой зоны»

флористических горячих точек, однако на его периферийных участках зафиксировано существенное сокращение их площади (рис. 5A). По модели ERA5-Land в 1981–1990 годах в центральной и западной частях Сурхандарьи были идентифицированы горячие точки высокой интенсивности. Максимальное значение consensus составило 354 вида, и оно было зафиксировано в Бойсунском хребте (1510 м, 38.212257° с.ш.; 67.411303° в.д.). В 2021–2023 годах площади «hotspot» сократились и в отдельных местах подверглись фрагментации; максимальная точка «hotspot» сохранилась, однако видовое богатство снизилось с 354 до 340 видов.

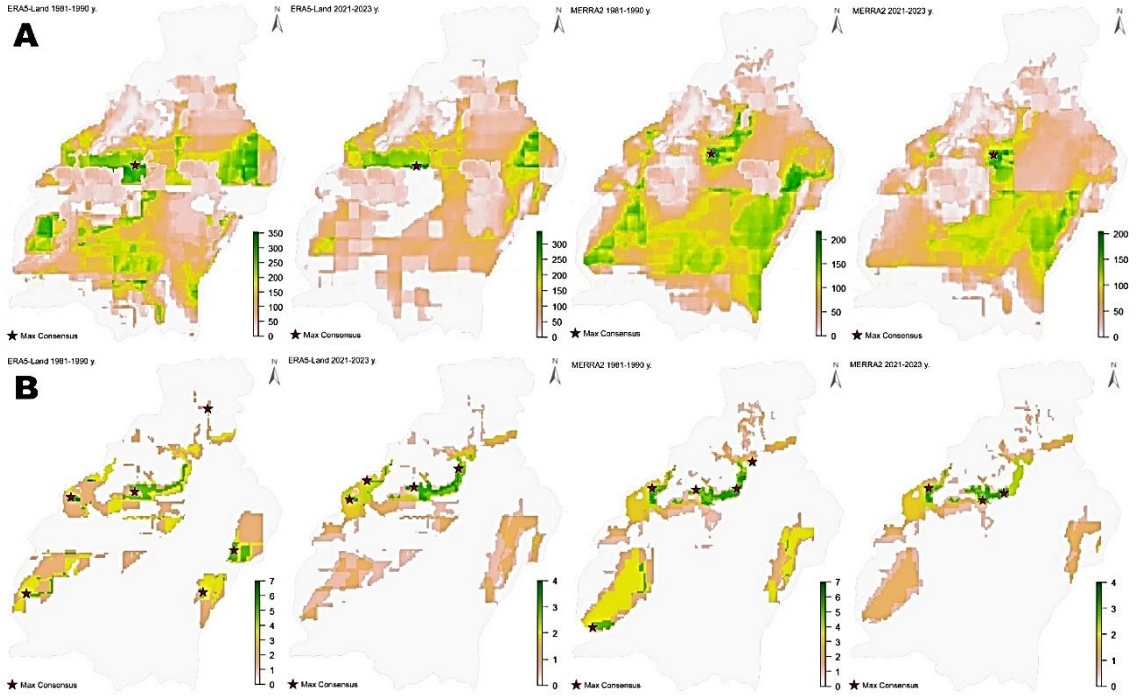


Рис. 5. A обобщённая consensus-карта для флоры Сурхандарьинской области, B consensus-карта для эндемичных видов.

В модели MERRA-2 горячие точки также были сосредоточены преимущественно в центральной и западной частях. Максимальная точка была выявлена на высоте 1451 м в Бойсунском хребте (38.209128° с.ш.; 67.454074° в.д.) и характеризовалась 218 видами, что является более низким показателем по сравнению с моделью ERA5-Land. Это различие указывает на то, что в модели MERRA-2 экологическая пригодность была оценена относительно более консервативно. В 2021–2023 годах зоны горячих точек сократились, фрагментация усилилась; максимальная точка сохранилась, однако видовое богатство уменьшилось с 218 до 204 видов. Видовое разнообразие эндемичных видов и их горячие точки за последние 43 года существенно сократились. Основные ареалы сместились на горные склоны и более высокие отметки, сузившись по сравнению с более широким распространением в 1980-е годы (рис. 5B). Результаты для полиморфных семейств, полиморфных родов и эндемичных видов представлены на таб. 2.

Таблица 1

Число «hotspot»-точек и видовое разнообразие для полиморфных семейств, полиморфных родов и эндемичных видов.

Семейство	Hotspot-точки (кол-во)	Богатство видов	Hotspot-точки (кол-во)	Богатство видов	Hotspot-точки (кол-во)	Богатство видов	Hotspot-точки (кол-во)	Богатство видов
	ERA5-Land				MERRA-2			
	1981–1990 г		2021–2023 г		1981–1990 г		2021–2023 г	
Asteraceae	3	54	3	52	5	34	1	32
Fabaceae	1	57	1	53	5	39	4	35
Poaceae	4	50	4	47	4	33	1	32
Brassicaceae	1	40	1	29	1	23	3	19
Amaranthaceae	2	21	5	15	3	23	1	21
Сурхандарья	1	354	1	340	1	218	1	204
Род								
Astragalus	1	25	1	23	4	21	4	17
Allium	3	13	6	10	4	12	1	9
Cousinia	1	11	7	9	3	9	1	8
Gagea	5	7	7	8	7	7	3	7
Scutellaria	3	4	3	3	4	4	3	3
Эндемы	6	7	4	4	7	3	3	3

По полиморфным родам *Gagea* оказался единственным родом, для которого в обеих моделях зафиксирована стабильность или небольшое увеличение, при этом отмечен рост числа горячих точек. Род *Scutellaria* в модели ERA5-Land продемонстрировал сокращение, тогда как в модели MERRA-2 стабильность. Сокращение его горячих точек зафиксировано в обеих моделях. Чувствительность рода *Scutellaria* к климатическим изменениям представляет собой подтверждённую экологическую тенденцию, установленную не только на региональном, но и на глобальном уровне. Данный факт убедительно подтверждён как в исследованиях Majid et al. (2015), так и в исследованиях Yin et al. (2024). В частности, в нашем исследовании отмечено смещение ареалов представителей рода на более высокие высоты, а также в отдельных случаях их фрагментация.

ВЫВОДЫ

1. В Сурхандарьинской области уровень потепления за 1981–2023 годы оказался более резким по сравнению со средними показателями по миру и стране а повышение температуры почвы, сокращение количества осадков и влажности почвы протекают в соответствии с основными тенденциями глобальных изменений климата, прогнозируемыми Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC).

2. Климатические изменения, происходящие на территории Сурхандарьинской области, свидетельствуют о том, что более 90% изученных видов в настоящее время находятся в процессе адаптации к изменившимся

климатическим условиям по сравнению с 1981–1990 годами. В настоящее время большинство растений растут в условиях, ставших более тёплыми, более сухими и с пониженной влажностью почвы по сравнению с прежним периодом. Полученные результаты полностью соответствуют глобальным тенденциям.

3. Результаты исследования показали, что в горных районах основным фактором риска для растений является повышение температуры, тогда как на равнинах засушливость и снижение влажности почвы. Наибольший уровень риска наблюдается в популяциях эндемичных видов.

4. Установлено, что виды, относящиеся к горносреднеазиатскому ареалу, в основном страдают от повышения температуры воздуха и почвы, тогда как виды, относщиеся к более широким географическим ареалам, в большей степени повреждаются вследствие засушливости и уменьшения количества осадков.

5. На основании результатов моделирования SSDM установлено, что по сравнению с 1981–1990 годами в 2021–2023 годах в среднем наблюдается ухудшение благоприятности условий произрастания флоры Сурхандарьи на 1.6–1.8%. Согласно данным симуляций ERA5-Land и MERRA-2, у почти двух третей видов флоры района исследований выявлено снижение благоприятности среды обитания, тогда как лишь у одной трети прослеживается положительная динамика.

6. Согласно результатам анализа градиента климатической реакции, 26–29% флоры Сурхандарьинской области оценены как виды, находящиеся под высоким риском, 18–20% как виды со средним уровнем риска, а 17–21%

как виды с низким уровнем риска. В то же время у 32–35% видов зафиксированы положительные изменения, среди которых у 14–15% отмечена высокая стабильность.

7. Для значительной части эндемичных видов, характерных для флоры Сурхандарьинской области, установлено постепенное исчезновение стабильной среды обитания в условиях климатических изменений: по модели ERA5-Land у 71.5%, по модели MERRA-2 у 73.1%. Наибольшие потери зафиксированы на высотах 1801–2300 м, тогда как положительная динамика преимущественно отмечена у популяций, расположенных в диапазоне 300–800 м.

8. Согласно прогнозам Consensus habitat suitability карт, по сравнению с 1981–1990 годами в 2021–2023 годах площадь флористических хотспотов сократилась, подверглась фрагментации и характеризовалась снижением максимального видового богатства. Несмотря на то, что Байсунский хребет сохранился в качестве «ядровой зоны», в его окрестностях зафиксировано значительное сокращение. Одновременно установлено, что отдельные пустынные виды смещаются на более высокие высоты, что может свидетельствовать о тенденции экосистемы к сдвигу в сторону более аридно-солончакового направления.

SCIENTIFIC COUNCIL DSC.05/2025.27.12.B.23.01.M ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE INSTITUTE BOTANY

INSTITUTE OF BOTANY

AKBAROV FERUZ IKBOLOVICH

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE NATURAL FLORA OF SURKHANDARYA REGION

03.00.05 – Botany

DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON BIOLOGICAL SCIENCES

Tashkent - 2026

The topic of the dissertation in philosophy (PhD) is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science, and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2024.3.PhD/B1240.

The dissertation was completed at the Botanical Institute.

The abstract of the dissertation has been published in three languages (Uzbek, Russian, and English (resume)) on the Scientific Council's website (www.botany.uz) and the "ZiyoNet" Information-Education Portal (www.ziyonet.uz)..

Scientific Advisor:	**Tojibaev Komiljon Sharobitdinovich,** Doctor of Biological Sciences, academician
Official Opponents:	**Olimjan Kaxxarovich Xojimatov** Doctor of Biological Sciences, professor
	Khojanazarov Oktam Eshtemirovich Doctor of Biological Sciences, professor
Leading Organization:	**Namangan State University**

The dissertation defense took place at the Scientific Council numbered DSc.05/2025.27.12.B.23.01.M under the Botanical Institute on February “17” 2026 at 14^{00}. (Address: 100125, Tashkent city, Dormon Yuli Street, house 32, Conference Hall of the Botanical Institute. Tel.: (+99871) 262-37-95, Fax: (+99871) 262-79-38, E-mail: botany@academy.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Botanical Institute (registered under number). Address: 100125, Tashkent city, Dormon Yuli Street, house 32. Tel.: (+99871) 262-37-95.

The abstract of the dissertation was distributed on February “4” 2026.
(Registered under number №20 от on February “4” 2026).

B.A. Adilov
Deputy chairman of the Scientific Council
for awarding of the scientific degrees,
Doctor of Biological Sciences, senior researcher

A.V. Maxmudov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding of the scientific degrees,
PhD, senior researcher

Kh.F. Shomurodov
Chairman of the Scientific Seminar under
Scientific Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Biological Sciences, Professor

INTRODUCTION (Abstract of the PhD Dissertation)

The aim is to assess the impact of climate change on the flora of Surkhandarya and to forecast floristic changes.

The object of the research is the higher plants of the natural flora of Surkhandarya and their condition in the context of climate change.

Scientific novelty of the research includes the following:

The regional characteristics of global climate change observed in Surkhandarya region have been comprehensively assessed for the first time at a resolution of 1×1 km, and analytical maps have been developed showing the temporal dynamics of major climate indicators;

The impact of climate change on the natural flora has been identified for the first time at the family, genus, and species levels, and the level of threat to them has been comprehensively evaluated in relation to climatic factors;

The sensitivity of geographical elements, botanical-geographical regions, and flora indices to global warming and drought has been determined, and the results have been presented as real indicators of regional climate change;

For the first time, high-resolution SSDM predictive models reflecting the impact of climate change on the natural flora of Surkhandarya region, based on real-time data, have been developed;

Using consensus habitat suitability maps, the centers of biological diversity (floristic hotspots) of Surkhandarya flora have been identified for the first time, and the areas of highest concentration of ecological suitability for species have been determined;

A new conceptual approach has been proposed for assessing the interrelationship between climate change and flora using digital models.

Implementation of the research results. Within the framework of research on assessing the impact of climate change on the natural flora of Surkhandarya region:

Data on 1,005 herbarium specimens representing 187 species belonging to the natural flora of Surkhandarya region have been entered into the Global Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org) (Certificate of the Global Biodiversity Information Database, No. 040, May 30, 2025). The results have contributed to enriching the plant database of the GBIF portal.

More than 200 herbarium specimens of 117 species distributed in the natural flora of Surkhandarya region have been submitted to the collection of the Uzbekistan National Herbarium (TASH) as part of its unique scientific objects (Reference of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, No. 4/1255-1336, May 30, 2025). The results have contributed to enriching the Central Asian section of the collection of the Uzbekistan National Herbarium (TASH).

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation amounts to 118 pages.

E’LON QILINGAN ISHLAR RO‘YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo‘lim (I часть; Part I)

1. Акбаров Ф.И., Тожибаев К.Ш., Сурхондарё вилояти флораси айрим эндем турларнинг биоикдимий моделини яратиш // НамДУ илмий ахборотномаси. Наманган 2022 й. №4, 127-133 Б. (03.00.00; №17)

2. Тургинов О.Т., Акбаров Ф.И., Ҳайдаралиев Б.И. *Oxytropis tyttantha* Gontsch. (Fabaceae) потенциал тарқалишининг биоиқлимий хусусятлари ва иқлим ўзгаришига таъсирини моделлаштириш// ҚарДУ хабарлари. Қарши 2022 й. №5, 134-139 Б. (03.00.00; №11)

3. Akbarov F.I., Tojibaev K.Sh. Janubiy O‘zbekiston tog‘li florasi kamyob va endem turlariga global iqlim o‘zgarishining ta’sirini baholash// Ilmiy xabarnoma: seriya Biologik tadqiqotlar. Andijon, 2023. № 4. – 106-111. (03.00.00; №15)

4. Abdullaev, S., Akbarov, F., Abdupatteva, S., Asatulloev, T., Dekhkonov, D., Tojibaev, K., ... & Gulomov, R. Species Distribution Modelling of Poa Bactriana Roshev under Different Climate Change Scenarios // International Journal of Virology and Molecular Biology 2024, 13(1): 15-21 (03.00.00; №12)

5. Qosimov Z.Z., Akbarov F.I., Qodirov.U.H., Po‘latov S.O., Sotiboldiyev O.E. Iqlim o‘zgarishini Scutellaria villosissima potensial tarqalishiga ta’sirini baholash // Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi. – 2024. – №10/1. – 173-177. (03.00.00; №12)

6. Akbarov F.I., Qosimov Z.Z., Qodirov.U.H., Po‘latov S.O. Surxondaryo viloyati tabiiy florasi endem turlarining o‘sish nuqtalari bo‘yicha topografik ko‘rsatkichlari tahlili // Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi. – 2024. – №10/1. – 11-17. (03.00.00; №12)

7. Juramurodov, I., Uralov, R., Makhmudjanov, D., Chunfang, Lu., Akbarov F., Pulatov, S., Karimov, B., Turginov, O., Tojibaev, K. Assessment of plant diversity the Surkhan-Sherabad Region, Uzbekistan by grid mapping // Journal of Arid Land 2025, 17(3): 394–410. (03.00.00; №11)

II bo‘lim (II часть; Part II)

8.Akbarov F.I., Qosimov Z.Z., Qodirov.U.H., Po‘latov S.O., Tojibaev K.Sh. Surxondaryo florasida Astragalus coluteocarpus Boiss. (Fabaceae) ning hozirgi va kelajakdagi potensial tarqalishini modellashtirish // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы изучения биоразнообразия растительного мира в Централной Азии», посвященной 100-летию Натсионалного гербария (ТАШ), 80-летию Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан и 70-летию Ботанического сада имени академика Ф.Н. Русанова Проблемы и перспективы изучения растителного мира в Централной Азии; 20-22 Апрел 2021. – Ташкент: Маҳалла ва оила, 2022. 316–323

9.Tojibaev, K., Khassanov, F., Turginov, O., Akbarov, F., Pulatov, S., Turdiboev, O. Endemic plant species richness of Surkhondaryo province, Uzbekistan // Plant Diversity of Central Asia, 2022. №1. 71–84.

10.Akbarov F.I., Po‘latov S.O., Qosimov Z. Kamyob turlarni bioiqlimiy modelini yaratish *Lagochilus botschantzevii* Kamelin & Tzukerv. misolida // Biologiyada zamonaviy tadqiqotlar: muammo va echimlar. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. Termiz. 2022. 130-132.

11.Akbarov F.I., Po‘latov S.O. Iqlim o‘zgarishining (1981–2023) Surxondaryo viloyati florasiga ta’siri: areal sinflar bo‘yicha javob reaksiyasi // Markaziy Osiyoda biologik xilnia-xillikni saqlash: muammolar, yechimlar va istiqbollari” / I Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Namangan, 2024. -47-51 bet.

12.Akbarov F.I., Po‘latov S.O. Assessment of the Impact of Climate Change on the Natural Flora: A Case Study of the Phytogeographical Regions of Surkhandarya Province // London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation. – London: World Science Publishing Ltd, 2025. – P. 84–86.

Avtoreferat «O‘zbekiston biologiya jurnali» jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:

9338

Bichimi: 84x60 $^{1}/_{16}$. «Times New Roman» garniturasi.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 2,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 2/26.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Alisher Navoiy ko‘chasi, 36 uy.