

questions of meteorological maps and rationalization of the network] // Trudy NIU GUGMS, Ser. 1, Vip. 13. 1946. – S. 7-23. (in Russian)

УДК: 551.584.32

ЎЗБЕКИСТОННИНГ ШИМОЛИ-ШАРҚИЙ ДАРЁ ҲАВЗАЛАРИДА 2010-2019 ЙИЛЛАРДА КУЗАТИЛГАН ҚУРҒОҚЧИЛИК ҲАВФИНИ БАҲОЛАШ

Ш.Ш. ЗАЙТОВ¹, Э.И. АБДУЛАХАТОВ^{1*}, Д.Ў. ЯРАШЕВ²

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, sherzodzaitov@gmail.com, erik_sen@mail.ru

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, drxnyarashev@mail.ru

Аннотация: *Тадқиқотда Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий қисмидаги Тошкент ва Сурдарё вилоятларининг учта гидрологик ҳавзаларида қурғоқчилик ва ўсимлик қоплами ўзгариши ўртасидаги боғлиқлик тадқиқ этилган. Изланиш жараёнида нормаллаштирилган ўсимлик индекси (NDVI), стандартлаштирилган ёғингарчилик индекси (SPI) ва ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгариши тўғрисидаги маълумотлар асосида кучли қурғоқчиликнинг такрорланувчанлиги таҳлил қилинган. Тадқиқотни бажаришда Ўзгидрометнинг 17 та метеорология станцияларида 2010-2019 йилларда ўлчанган ёғингарчилик маълумотларидан фойдаланилган. Ушбу давр учун NDVI индексини ҳисоблашда 16 кун даврийлик билан олинган MODIS TERRA йўлдош маълумотлари қўлланилган.*

Калит сўзлар: *ўсимлик қоплами, қурғоқчилик, ёғингарчилик, NDVI, MODIS TERRA, SPI, Гамма функция, гидрологик ҳавза, масофадан зондаш.*

Кириш. Қурғоқчилик – узоқ вақт куруқ ва иссиқ ҳаво массалари сақланиб туриши оқибатида сув тақчиллигини юзага келтирувчи ҳавфли гидрометеорологик ҳодисадир [Чуб, 2007]. Мавжуд илмий адабиётларда қурғоқчиликнинг тўртта тури ажратилади [Вһуан, 2004]. Уларнинг асосийлари атмосфера ва гидрологик қурғоқчиликлардир. Атмосфера қурғоқчилиги – атмосферада циркуляцион жараёнлар натижасида юқори ҳаво ва тупроқ ҳарорати, шамол тезлиги, ёғингарчиликнинг узоқ вақт давомида бўлмаслиги (ёки ёғингарчиликнинг кўп йиллик ўртача иқлимий кўрсаткичларга нисбатан сезиларли даражада кам бўлиши) билан тавсифланувчи атмосфера ҳодисасидир. Қурғоқчиликнинг кучайиши тупроқ хусусиятлари, жойнинг микроклимий шароити, ўсимликнинг “қаттиқлашув” даражаси ҳамда ўсимлик физиологиясидаги ўзгаришларда сезилади [Петров ва бошқ., 2021]. Бу ҳавфли метеорологик ҳодисани баҳолаш учун одатда “сув буғи босими” қийматларидан фойдаланилади. Қурғоқчилик инсон саломатлиги, ижтимоий-иқтисодий объектларнинг барқарор ишлаши, қишлоқ ва сув хўжалиги, экология ва атроф муҳит ҳамда флора ва фаунага салбий таъсир кўрсатади [Goddard et al., 2003; Вһуан et al., 2006; Rahimzadeh et al., 2012; Khosravi et al., 2017]. Ўзбекистоннинг 78,7% қисмини текислик ҳудудлари ташкил этади [Ҳасанов ва бошқ., 2010]. Сўнгги йилларда глобал иқлим ўзгариши таъсирида бу майдонлар кенгайиб бормоқда [Чуб, 2007]. Ўзбекистоннинг марказий чўл минтақаларида ёз ойларида тупроқ ва ҳаво қурғоқчилигининг ҳавфлилик даражаси ортиб бормоқда. Бу минтақаларда узоқ муддат ёғингарчиликнинг кузатилмаслиги ҳамда иссиқ ва куруқ ҳавонинг давомий узоқ вақт кузатилиши тупроқ қурғоқчилигини кучайтириб, ўсимлик қопламининг камайишига олиб келади. Ҳозирда сунъий йўлдош тасвирларида ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгаришидаги ноодатий яшиллик циклининг ўзгараётганини кузатиш имкониятлари

* Масъул муаллиф: erik_sen@mail.ru, тел.: +998 91 2944494

мавжуд ва бу маълумотлар асосида қурғоқчиликни баҳолашнинг турли индекслари яратилган.

Дунёнинг турли ҳудудларида ўсимлик қопламининг мавсумий ўзгаришларини баҳолаш учун турли индекс ва усуллар ёрдамида қурғоқчиликни ҳисоблашга кўп сонли илмий тадқиқот ишлари бағишланган [Gibbs, Maher, 1967; Kogan, 2002; McKee et al., 1993; Palmer, 1965; Shafer, Dezman, 1982]. Тадқиқотлар ёғингарчилик, тупроқ намлиги, буғланиш, ўсимлик қоплами динамикаси, ер ости ва ер усти сувлари миқдорининг ўзгариши каби гидрометеорологик ўзгарувчилар ёрдамида олиб борилади. Бу параметрлар бир-бири билан чамбарчас боғлиқ бўлсада, улар ўртасидаги корреляция кучсиз. Бир хил иқлим шароитларига эга минтақаларда жойнинг рельефи ва сув таъминотига боғлиқ ҳолда қурғоқчилик ҳам турлича намоён бўлади [Bhuiyan, 2004; Iman et al., 2020].

Вегетация даврида қишлоқ хўжалиги экинларига гидрологик ҳамда атмосфера қурғоқчилиги жиддий хавф туғдиради. Қишлоқ хўжалиги тармоғида қурғоқчилик хавфини ўсимлик қопламининг турли мавсумларда турлича ўзгариши орқали баҳолаш мумкин. Ҳудудларда ўсимлик қопламининг ўзгариши метеорологик омиллардан ташқари, қурғоқчилик хавфини келтириб чиқарувчи бошқа омиллар сабаб ҳам келиб чиқади. Тупроқ намлиги ва деградацияси, сув омборлари, ер ости ва ер усти сув оқимлари таркибидаги миқдорий ўзгаришлар ёғингарчиликнинг етишмаслиги шароитида қурғоқчиликнинг хавфлилик даражасини оширади. Атмосфера ва гидрологик қурғоқчилик маълумотлари асосида ҳудудларда нуқтавий (метеорология станциялари ва гидрология постлари) маълумотлар асосида қурғоқчиликнинг хавфлилик даражаларини ўрганишга бағишланган кўплаб тадқиқотлар ўтказилган. Тадқиқотнинг бундай усули бир қатор камчиликларга эга. Кўпинча катта масштабли қурғоқчил ҳудудларда сув етишмаслиги, сув ҳавзаларининг дефицити ва метеорологик кузатув тармоғининг тарқоқ жойлашганлиги сабабли фойдаланилаётган маълумотлар қурғоқчиликни ўз вақтида ва муайян ҳудудлар учун аниқлашга етарли эмас. Ҳозирда сунъий йўлдош маълумотлари асосида масофадан зондлаш технологияларини қўллаш усуллари орқали ҳудудларда қурғоқчилик хавфини фазовий кўламда ўрганиш ишлари жадал ривожланмоқда. Бу усул қурғоқчиликни ўрганишда ҳам вақтни, ҳам иқтисодий харажатларни тежайди. Қурғоқчилик хавфини ўсимлик қоплами ва тупроқ намлиги маълумотлари асосида аниқлаш қишлоқ хўжалиги тармоғида ижобий натижалар берди. Қишлоқ хўжалиги мақсадларида фойдаланиш учун 1980-йиллардан бошлаб сунъий йўлдош ёрдамида масофадан зондлаш маълумотларига таянувчи бир қатор индекслар яратилди [Rahimzadeh et al., 2012].

Масалан, АҚШ Океан ва атмосфера миллий бошқармаси (NOAA)нинг юқори аниқликдаги сунъий йўлдош радиометрик (AVHRR) маълумотлари ўсимлик қоплами ҳолатини кузатиш учун аҳамиятли. Сунъий йўлдошлардан олинган масофавий зондлаш маълумотлари асосида ўсимлик қоплами ҳолатини аниқлаш учун нормаллаштирилган ўсимлик индекси (NDVI) киритилди. Ўтган давр давомида Meteosat, MODIS ва Landsat йўлдош маълумотлари турли вақт масштабларида қўлланилди. Бу каби манбалардан фойдаланишнинг қулайлиги ҳамда архив маълумотларини олиш имкониятининг мавжудлиги ҳудудларда такомиллаштирилган моделлаш усуллари орқали қурғоқчиликни баҳолаш ва натижалардан турли соҳаларда фойдаланиш мумкинлигини кўрсатди.

Стандартлаштирилган ёғингарчилик ва буғланиш индекси (SPEI) ҳамда стандартлаштирилган ёғингарчилик индекси (SPI) асосида ҳам масофадан туриб, ҳам метеорологик маълумотлар ёрдамида қурғоқчиликни баҳолаш имкониятлари пайдо бўлди. Масалан, Борди ва Сутера [Bordi, Sutera, 2002] томонидан бажарилган катта майдонларда қурғоқчилик ўзгарувчанлиги таҳлили МакКи ва бошқалар [McKee et al., 1993] ҳамда Палмер [Palmer, 1965] томонидан яратилган Палмер қурғоқчилик зўриқиши индекси (PDSI) SPI индексига қараганда мураккаблиги билан фарқ қилишини кўрсатди [Iman et al., 2020]. Жи ва Петерс [Ji, Peters, 2003] Шимолий Америка чўлларида SPI ва NDVI

индекслари асосида қурғоқчиликнинг ўсимликларга таъсирини ўрганди. Улар SPI ва NDVI индексларига асосланиб, турли вақт ўлчовларига эга давр (1, 2, 3, 6, 9 ва 12 ойлар) учун уч усулни яратишди. Тадқиқотчилар 3 ойлик даврларда SPI ва NDVI индекслари ўртасидаги боғлиқлик борлигини аниқлашди. Айнан шу тадқиқотларда тупроқ намлиги кичик, нисбатан қурғоқчил ҳудудларда SPI ва NDVI индекслари орасида энг яхши боғлиқлик борлиги исботланди [Ji, Peters, 2003].

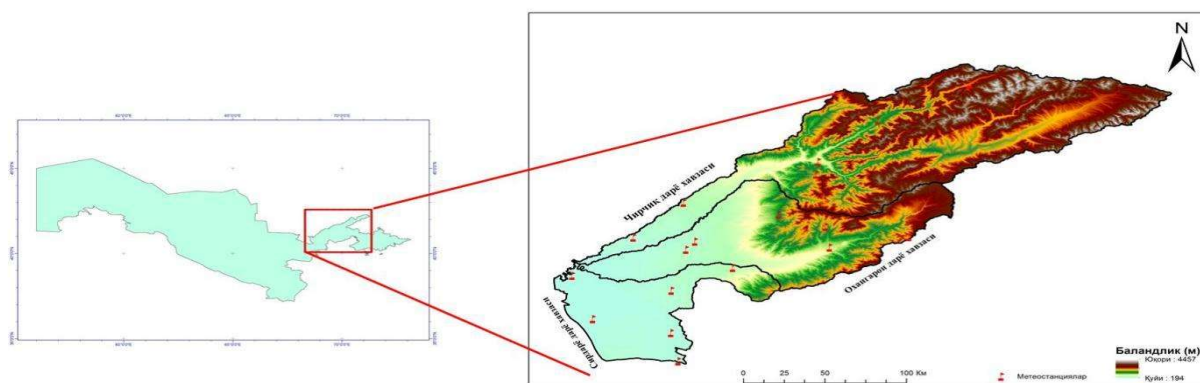
Бхуян ва бошқалар томонидан Ҳиндистоннинг Аравалли шаҳрида 1984-2003 йилларда метеорологик ва сунъий йўлдош маълумотлари асосида қурғоқчилик динамикаси ўрганилди [Bhuyan et al., 2006]. Тадқиқот даврида ёғингарчилик ва ер ости сувлари етишмаслиги мавжуд бўлган Аравалли шаҳрида дренаждаги оқимни баҳолаш мақсадида стандартлаштирилган сув сатҳи индексидан фойдаланилди. Ундан ташқари, NASAнинг сунъий йўлдош радиометрик (AVHRR) ва глобал вегетация индекс (GVI) маълумотларидан ҳаво ҳарорати индекси (TCI), соғлом ўсимлик индекси (VHI) ва ўсимлик қоплами индекс (VCI)лари яратилди. Бу индексларни қўллаш орқали SPIнинг салбий аномалияларида ҳар доим ҳам қурғоқчилик ва уни баҳолаш индекслари орасида мослик кузатилмаслиги аниқланди. Шунингдек, Араваллида “сув буғи босими” турлича бўлган мавсумларда SPI ва NDVI индекслари ўз позициясини турлича ўзгартирди [Bhuiyan et al., 2006]. Раҳимзода ва бошқалар Эроннинг шимоли-ғарбий қисмларида VCI ҳамда NDVI индекслари ёрдамида қурғоқчиликни кузатиш имкониятларини ўрганишди. Улар NDVI ва VCI ўртасидаги энг яхши боғлиқлик йил фаслларида (3 ойлик)ги умумий ёғингарчилик қийматларига тўғри келишини аниқлашди. Улар тадқиқотлар натижасида ўсимлик қопламининг ўзгариши қурғоқчилик омили билан бевосита боғлиқ эканлигини исботладилар [Rahimzadeh et al., 2012]. Шундан сўнг, дунё олимлари томонидан турли хил иқлим минтақалари ва гидрологик ҳавзаларда ўсимлик қоплами ва қурғоқчилик ўртасида маълум бир боғлиқликларни тадқиқ этиш ишлари бошланди.

Глобал иқлим ўзгариши даврида Ўзбекистондаги кам сонли ўрмон майдонларидаги ёнғинлар, дарахтларнинг кесилиши, чўлланиш, тупроқ эрозияси ва деградиацияси натижасида қурғоқчилик хавфи кучайиб бормоқда. Ўзбекистоннинг асосий гидрологик ҳавзалари ва уларда сув ҳосил бўлиш манбалари тоғ ва тоғ олди ҳудудларида жойлашган. Айрим тоғ ва тоғ олди ҳудудларида ўсимлик қоплами зич жойлашган бўлса, айрим минтақаларда ўсимлик қоплами жуда сийрак, дарахтзорларсиз ландшафтдан ташкил топган. Юқоридаги каби турли хил зоналик хусусиятига эга гидрологик ҳавзаларда ўсимлик қоплами динамикасини қурғоқчилик билан боғлиқлигини ўрганиш айни даврда мамлакатнинг экологик барқарорлиги учун жуда муҳим ҳисобланади. Ушбу тадқиқотнинг **мақсади** Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий қисмида турли хил гидрологик ҳавза ва турли зоналикдан иборат майдонларда кузатилган қурғоқчилик ва нормаллаштирилган ўсимлик индекслари ёрдамида ўсимлик қоплами ўзгариши ва қурғоқчилик омилини ўртасидаги боғлиқликни ўрганиш, шунингдек, уларнинг ГАТ хариталарини яратишдан иборат бўлди.

Тадқиқот объекти Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий қисмида жойлашган Тошкент ва Сирдарё вилоятлари, қисман қўшни Қирғизистон, Қозоғистон ва Тожикистон Республикалари билан чегарадош тоғларда жойлашган учта гидрологик ҳавзани (24255,36 км²) қамраб олади. Бу ҳудуд сифатида Чирчиқ дарёси ҳавзаси (ЧДХ), Оҳангарон дарёси ҳавзаси (ОДХ) ва Сирдарё ҳавзаси (СДХ)нинг Тошкент ва Сирдарё вилоятларидан кесиб ўтган қисми танланган (1-расм, 1-жадвал).

ЧДХ – Тошкент вилоятининг шимолий, шимоли-ғарбий ва ғарбий қисмида Қозоғистон ва Қирғизистон баланд тоғ сувайриғичлари билан чегарадош гидрологик ҳавза ҳисобланади. Ҳавзанинг умумий майдони 13188,95 км², тадқиқот объектининг 54,37% ини ташкил қилиб, тоғ, текислик ва адирликлардан иборат. Ҳавзада сўнгги 40 йилликдаги ўртача йиллик ёғинлар миқдори 670,8 мм, тоғларда 944,0 мм ни ташкил этади.

ОДХ – Тошкент вилоятининг шарқий, марказий ва қисман жанубий, қўшни Қирғизистон ва Тожикистон баланд тоғлари билан чегарадош ҳудудларда жойлашган. Ҳавза географик жойлашувга кўра шимол, шарқ ва жануби-шарқий томондан баланд тоғлар билан чегараланган. Ҳавзанинг жануби-ғарби Сирдарё ҳавзаси билан чегарадош. Ҳавзанинг умумий майдони 6964,35 км², тадқиқот объектининг 28,7% ни ташкил этади. Тоғ, текислик ва адирликлардан иборат. Ҳавза тоғликларида ўртача йиллик ёғинлар 940,0 мм ни ташкил этади. Ҳавзада сўнгги 40 йилликдаги ўртача йиллик ёғинлар миқдори 734,3 мм га тенг.



1-расм. Тадқиқот объектининг баландлик харитаси ва 17 та метеорология станцияларининг жойлашиши

Рис. 1. Область исследования с указанием высоты и 17 метеостанций

Fig. 1. Study area with altitude and 17 weather stations

СДХ – Тошкент ва Сирдарё вилоятлари билан чегарадош тўлиқ текисликдан иборат гидрологик ҳавза ҳисобланади. Шимоли-ғарбдан қисман Қозоғистон билан, жануби-шарқдан Тожикистон билан чегарадош. Ҳавзанинг ўртасидан Сирдарё оқиб ўтади. Иқлими ёз-куз ойларида қуруқ, кескин континентал. Қиш-баҳор ойларида нам, бироз ёмғирли. Гидрологик ҳавзанинг бу қисмдаги умумий майдони 4102,04 км², умумий ҳавзанинг 16,93%ни ташкил қилади. Ҳавзада сўнгги 40 йилликдаги ўртача йиллик ёғинлар миқдори 359,0 мм.

1-жадвал

Тадқиқот объекти сув ҳавзаларининг тавсифи

Таблица 1

Описание гидрологических бассейнов исследуемой территории

Table 1

Description of study area watersheds

№	Гидрологик ҳавза	Майдони, км ²	Ўртача йиллик ёғинлар миқдори, мм
1	Чирчиқ дарё ҳавзаси (ЧДХ)	13189	670,8
2	Оҳангарон дарё ҳавзаси (ОДХ)	6964	734,3
3	Сирдарё дарё ҳавзаси (СДХ)	4102	359,0

Уч гидрологик ҳавзада жойнинг рельефи, иқлимий шароитлари ва мавсумлар бўйича ёғинларнинг турли хил ўзгариши йил мавсумлари учун ўртача йиллик SPI да сезиларли ўзгаришлар келиб чиқишига олиб келади.

Бирламчи маълумотлар. ЧДХ, ОДХ ва СДХларда турли мавсумларда курғоқчилик даражаси ва давомийлигини аниқлаш учун Тошкент ва Сирдарё вилоятларида жойлашган метеорология станцияларида 2010-2019 йилларда қайд этилган ёғинлар тўғрисидаги маълумотларидан фойдаланилди (2-жадвал). SPIнинг ГАТ хариталарини яратишда Қозоғистоннинг Тасарик, Тараз ҳамда Қирғизистоннинг Чотқол метеорология станциялари ёғингарчилик маълумотлари ҳам жалб килинди.

2-жадвал

Метеорология станциялари маълумоти

Таблица 2

Данные по метеорологическом станциям

Table 2

Data from meteorological stations

№	Метеорология сатанцияси номи	Денгиз сатхидан баландлиги, м	Ўртача йиллик ёғингарчилик миқдори (2010-2019 йй.), мм
1	Ангрен	942	709,8
2	Бекобод	300	356,1
3	Бошқизилсой	1276	876,5
4	Далварзин	289	347,3
5	Дукант	2001	1007,3
6	Камчиқ	2145	799,7
7	Кўкорол	340	394,2
8	Писком	1258	994,4
9	Ойгаинг	2151	819,7
10	Олмалик	507	505,1
11	Сирдарё	264	374,2
12	Сўқоқ	1351	976,1
13	Тошкент	466	509,6
14	Туябўғиз	500	460,4
15	Чимган	1670	1111,9
16	Янгиер	317	379,2
17	Янгийўл	341	388,9

Илмий адабиётларда мавжуд кўплаб тадқиқотларда турли мавсумлар учун курғоқчиликни таҳлил қилишда гамма тақсимот усулидан фойдаланилади [Iman et al., 2020]. Шу сабабли мазкур усулни қўллаган ҳолда тадқиқот объекти ҳисобланган учта гидрологик ҳавзада жойлашган 17 та метеорология станцияларида қайд этилган ойлик ёғингарчилик маълумотлари асосида 3 ой (фасл)лик ва 12 ой (йил)лик кесимда SPI қийматлари аниқланди.

NASA сунъий йўлдош маълумотлари (MODIS) асосида ўсимлик қоплами ўзгаришини кузатиш орқали NDVI аниқланди. Ушбу тадқиқотда фойдаланилган MODIS маълумотлари MOD13Q1 номи остида таҳлил қилиниб, унинг фазовий ўлчами 250 метрни ташкил қилади. Мақолани тайёрлаш жараёнида 2010 йил 1 январдан 2019 йил 31 декабргача бўлган муддат оралиғидаги йўлдош тасвирлари <https://search.earthdata.nasa.gov/search> сайтидан юклаб олинди ва NDVI ифодаси ёрдамида ўсимлик индекси ҳисобланди. Фазовий таҳлил ArcGIS 10.5 дастурий муҳитида амалга оширилди.

Тадқиқот усуллари.

Нормаллаштирилган ўсимлик индекси (NDVI) – ўсимликнинг ривожланиш жараёнини баҳолаш учун кенг қўлланиладиган кўрсаткич бўлиб, у яшиллик майдони индекси (LAI) билан ўлчанади [Iman et al., 2020]. Сўнгги йилларда NDVI кўплаб олимлар томонидан ўсимликларнинг таснифи, фойдаланилаётган ва ҳайдалган ер майдонларининг ўзгариши, ўсимликлар фенологияси, континентал ер сирти харитаси ва ўсимликлар динамикасини тадқиқ этишда қўлланилмоқда [Iman et al., 2020, Geerken et al., 2005]. NDVI курғокчиликни кузатиш, ўсимликларнинг физиологик ҳолати, экинларнинг ривожланиш шароитлари ва ҳосилдорлигини баҳолаш учун энг қулай кўрсаткичлардан бири ҳисобланади [Shah et al., 2015]. NDVI нинг асосий афзаллиги шундаки, у соғлом яшил баргларнинг ички мезофил тўқималари тузилиши, фотосинтез жараёни ҳамда хлорофил доначалари ва бошқа пигментларни нурланиш спектрларида акс эттиради.

Бунда қизил кўринадиган (К) нурланишнинг катта қисми баргларнинг ички тузилишидаги носоғломликни кўрсатади [Shah et al., 2015]. NDVI яқин инфрақизил (NIR) ва электромагнит спектрнинг кўринадиган қизил (R) диапазонидаги рефлектор ўртасидаги фарқ асосида ҳисобланади:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}, \quad (1)$$

NDVI қиймати - 1 ва + 1 оралиғида ўзгаради. NDVI нинг энг кичик мусбат қийматлари ($\leq 0,1$) қор, қум ёки тошли яланг жойларга тўғри келади. NDVI нинг 0,2 дан 0,3 гача оралиқдаги қийматлари ўтлоқлар ва паст баландликдаги ўтлардан иборат яйловларни ифодаласа, юқори NDVI қийматлари (0,6-0,8) тропик ва мўътадил ёмғирли ўрмонларни кўрсатади. 0 га яқин бўлган NDVI қийматлари ялангликларга, манфий қийматлари эса сув ҳавзаларига тўғри келади [Iman et al., 2020]. MODIS метеорологик сунъий йўлдошининг 250 м ўлчамдаги 16 кунлик йўлдош тасвирларига асосланиб, бутун тадқиқот объекти учун мавсумий ва йиллик NDVI, шунингдек, NDVI нинг ҳар йиллик аномалиялари ҳисобланди. Тадқиқот объекти учун NDVI турлари, шунингдек, ҳар бир гидрологик ҳавза учун мавсумий ва йиллик NDVI нинг саккиз тоифаси (0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6; 0,6-0,7; 0,7-0,8; 0,8-0,9 ва 0,9-1) бўйича фазовий тақсимот хариталари ArcGIS 10.5 ёрдамида яратилди.

NDVI нинг мавсумий ва йиллик аномалиялари қуйидаги тенгламалар ёрдамида аниқланди.

$$NDVI_{\text{йА}} = (NDVI_{\text{xi}} - NDVI_{\text{x}}) / \delta, \quad (2)$$

$$NDVI_{\text{МА}} = (NDVI_{\text{xi}} - NDVI_{\text{x}}) / \delta, \quad (3)$$

бу ерда $NDVI_{\text{йА}}$ ва $NDVI_{\text{МА}}$ ҳар бир пиксел учун NDVI нинг йиллик (йА) ва мавсумий (МА) аномалияларидир, $NDVI_{\text{xi}}$ – ҳар бир давр учун мавсумий ва йиллик ўртача NDVI кўрсаткичи, $NDVI_{\text{x}}$ – бутун ўрганиш даври учун мавсумий ва йиллик ўртача NDVI кўрсаткичи, δ – стандарт четланиш.

$NDVI_{\text{йА}}$ ва $NDVI_{\text{МА}}$ қийматлари 0 дан катта бўлганда ижобий, 0 дан кичик бўлганда салбий аномалияга мос келади.

Стандартлаштирилган ёғингарчилик индекси (SPI).

МакКи ва бошқалар томонидан курғокчиликни кузатиш учун ой давомида кузатилган ёғингарчилик маълумотлари асосида стандарт ёғингарчилик индекси ишлаб чиқилган [McKee et al., 1993]. Ёғингарчиликнинг иқлимий давр ва мавсумлар қаторига

мос келиши учун Том (1966) Гамма функциясини таклиф этган. Унинг ўзгарувчанлиги ёки номаълум ёғингарчилик функцияси қуйидагича ифодаланади [McKee et al., 1993; Thom, 1966]:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \tau^\alpha} x^{\beta-1} e^{-x/\beta}, \quad (4)$$

бу ерда α – шакл омили ($\alpha > 0$), β – ўлчов омили ($\beta > 0$), x – ёғингарчилик қиймати.

Гамма функцияси қуйидагича ифодаланади.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{\alpha-1} dt, \quad (5)$$

бу ерда $\Gamma(\alpha)$ – Гамма функцияси.

Гамма эҳтимолий зичлик функцияси метеорологик станцияда қайд этилган ёғингарчилик қиймати ўзгаришлари асосида SPI ни ҳисоблашда фойдаланилади. Том таклифига кўра, максимал эҳтимоллик ечимлар α ва β ни оптимал баҳолаш учун қўлланилади [Thom, 1966].

$$a = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right), \quad (6)$$

$$\beta = \frac{x}{\alpha}, \quad (7)$$

$$A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (8)$$

бу ерда n – кузатишган ёғингарчиликлар сони, A – тақсимот чизиғининг эгрилиги, \bar{x} – барча (нолга тенг бўлмаган) қийматларнинг арифметик ўртачаси.

Гамма кумулятив эҳтимоллик функцияси қуйидагича аниқланади:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \tau^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx, \quad (9)$$

$t=x/\beta$ алмаштириш бажарилса, (9) ифода қуйидаги кўринишга келади:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt, \quad (10)$$

$x=0$ бўлганда, яъни ёғингарчилик кузатилмаган шароитларда, Гамма функцияси кумулятив эҳтимолликка айланади.

$$H(x) = q + (1-q)G(x), \quad (11)$$

бу ерда q – нол эҳтимоллиги.

Гамма функциясига асосланиб ҳисобланган SPI 3- ва 4-жадвалларда кўрсатилган қийматлар оралиғидан келиб чиқиб баҳоланади. Йил давомида қурғоқчиликнинг ўсимлик қопламига таъсирини баҳолаш учун унга гидрологик ҳавзада турли мавсумлар учун NDVI ва SPI қийматларининг боғлиқлиги ҳисоблаб чиқилган.

3-жадвал

SPI индекси бўйича нам ва қурғоқчил мавсумлар таснифи [Shah et al., 2015]

Таблица 3

Классификация влажных и засушливых периодов по индексу SPI [Shah et al., 2015]

Table 3

Wet and drought period classification according to the SPI index [Shah et al., 2015]

Индекс	Синф	Даража	Эҳтимоллик	Δр
Қурғоқчилик	$SPI \geq 2,00$	Экстремал нам	0,977-1,000	0,023
	$1,50 \leq SPI \leq 2,00$	Жуда нам	0,933-0,977	0,044
	$1,00 \leq SPI \leq 1,50$	Ўртача нам	0,841-0,933	0,092
	$-1,00 \leq SPI \leq 1,00$	Меъёр атрофида	0,159-0,841	0,682
	$-1,50 \leq SPI \leq -1,00$	Ўртача қурғоқчилик	0,067-0,159	0,092
	$-2,00 \leq SPI \leq -1,50$	Қаттиқ қурғоқчилик	0,023-0,067	0,044
	$SPI \leq -2,00$	Экстремал қурғоқчилик	0,000-0,023	0,023

4-жадвал

Тадқиқотда қўлланилган нам ва қурғоқчил мавсумлар таснифи

Таблица 4

Классификация влажных и засушливых периодов, использованная в данном исследовании

Table 4

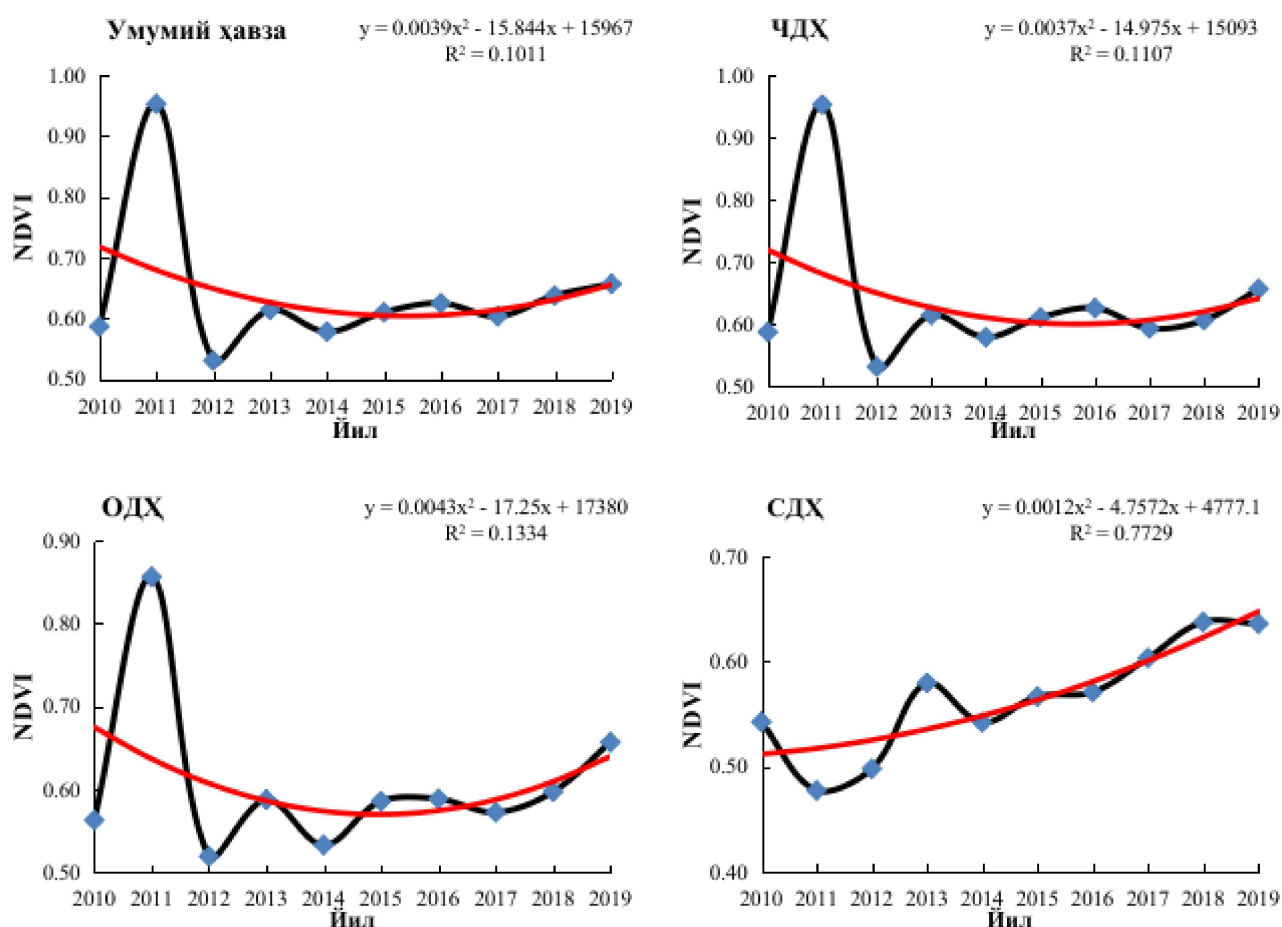
Wet and drought period classification used in this study

Индекс	Синф	Даража	Эҳтимоллик	Δр
Қурғоқчилик	$SPI \geq 2,00$	Экстремал нам	0,977-1,000	0,023
	$1,50 \leq SPI \leq 2,00$	Жуда нам	0,933-0,977	0,044
	$1,00 \leq SPI \leq 1,50$	Ўртача нам	0,841-0,933	0,092
	$0,00 \leq SPI \leq 1,00$	Бироз нам (меъёр атрофида)	0,159-0,841	0,341
	$-1,00 \leq SPI \leq 0,00$	Бироз қуруқ (меъёр атрофида)	0,159-0,841	0,341
	$-1,50 \leq SPI \leq -1,00$	Ўртача қурғоқчилик	0,067-0,159	0,092
	$-2,00 \leq SPI \leq -1,50$	Қучли қурғоқчилик	0,023-0,067	0,044
	$SPI \leq -2,00$	Экстремал қурғоқчилик	0,000-0,023	0,023

Асосий натижа ва уларнинг муҳокамаси.

NDVI нинг ўзгаришлари. 2-расмда умумий тадқиқот объекти ҳамда унга гидрологик ҳавзадаги сўнгги ўн йилликда ўртача NDVI нинг йиллар давомида ўзгариш графиклари келтирилган. 2010-2019 йиллар оралиғида ўртача йиллик NDVI нинг ўзгариш тенденциялари тадқиқот объектларида бир хил эмаслиги аниқланди. Икки гидрологик ҳавзада NDVI нинг бироз пасайиши, текислик гидрологик ҳавзада эса ўсиш тенденцияси кузатилган. Графиклардан кўриниб турибдики, бутун тадқиқот объектида ўртача NDVI бироз пасайган. ОДҲ ва ЧДҲ минтақаларида ўртача йиллик NDVI қиймати бироз пасайган бўлса, СДҲ текислик минтақасида NDVI қиймати ортган. Натижалар

пасттекисликдан иборат ҳудудларда ўсимлик олами ривожланиши учун “бироз қулай”, тоғ ва тоғ олди ландшафтдан иборат ҳавзаларда эса ўсимликлар ўсиши учун “қулай” шароитларнинг сўнги йилларда камайиб бораётганлигини кўрсатди.



2-расм. Тадқиқот объекти ва ундаги ҳавзалар учун ўртача йиллик NDVI қийматининг ўзгариши

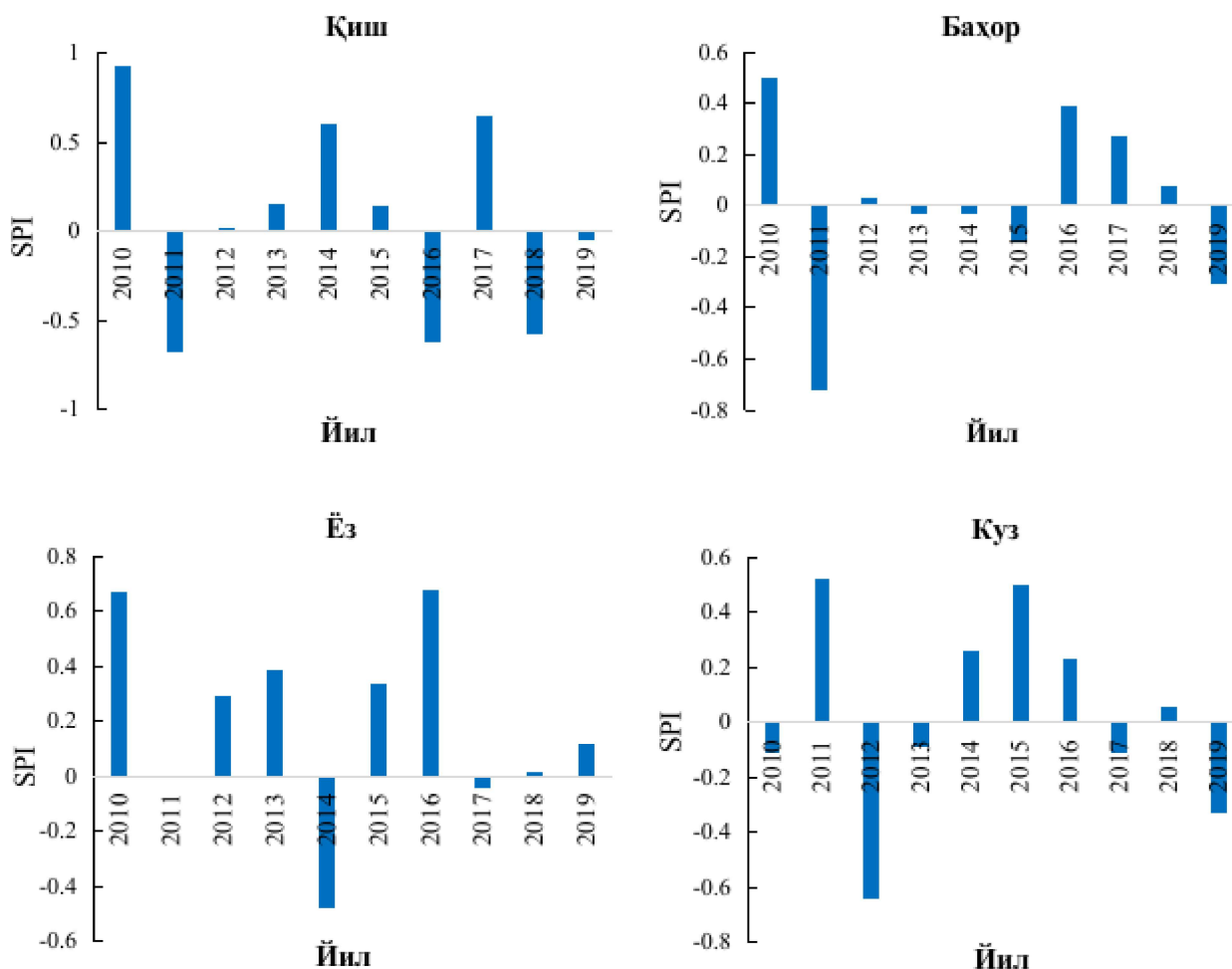
Рис. 2. Временной ряд среднего NDVI для исследуемой территории и ее бассейнов

Fig. 2. Time series of average NDVI for the study area and its basins

NDVI ва SPI ни баҳолаш. Тадқиқот объектида ўн йилликнинг биринчи пентадасида NDVI нинг пасайиши, иккинчи пентадасида ўсиш тенденцияси кузатилган. Аммо, умумий тенденция бироз пасайишни кўрсатган. Бир қатор йиллар учун NDVI нинг ўзгариш тенденцияси SPI га жуда мос тушган (2- ва 3-расм). Масалан, 2011 йил текислик ландшафтдан иборат Сирдарё ҳавзасида ўртача йиллик NDVI қиймати тадқиқот давридаги энг паст кўрсаткичга эга бўлган. SPI бўйича ҳам ўрганилаётган ҳудудда 2011 йил куздан ташқари барча мавсумлар қуруқ бўлган. Бироқ, асосан тоғ ва адир ландшафтлардан иборат ОДХ ва ЧДХ ҳудудларида 2011 йил NDVI тадқиқот давридаги энг юқори кўрсаткични кўрсатган. Яъни, SPI бўйича бу йилда қуруқ шароитлар кузатилганига қарамай, Тошкент вилоятининг тоғ ва тоғ олди ландшафт минтақалари ўсимлик дунёси учун “қулай” вегетацион давр бўлган.

Сўнги ўн йилликда умумий ҳавзада айрим мавсумларда қурғоқчиликнинг “бироз қуруқ” даражалари ($-1,00 \leq SPI \leq 0,00$) кузатилган (3-расм). Масалан, 2019 йилда SPI бўйича йилнинг учта мавсуми қуруқ бўлишига қарамай, ўрганилаётган объектнинг ОДХ ва ЧДХ

минтақаларида NDVI қиймати иккинчи энг юқори кўрсаткич, яъни ўсимлик фаол ривожланиши учун “қулай” шароитни кўрсатган. Бироқ, қуруқ ва иссиқ кузатилган 2019 йилда асосан текислик ҳудудларидан иборат СДХ минтақасидаги фитомасса олами ҳам NDVI га кўра, “қулай” вегетацион давр бўлганини қайд этган. СДХ текислик минтақасида ўсимлик қоплами асосан суғориш тизими билан таъминланганлиги учун, ўсимлик ва дов-дарахтлар ўз яшиллилигини яхши саклаб қолган бўлиши мумкин.



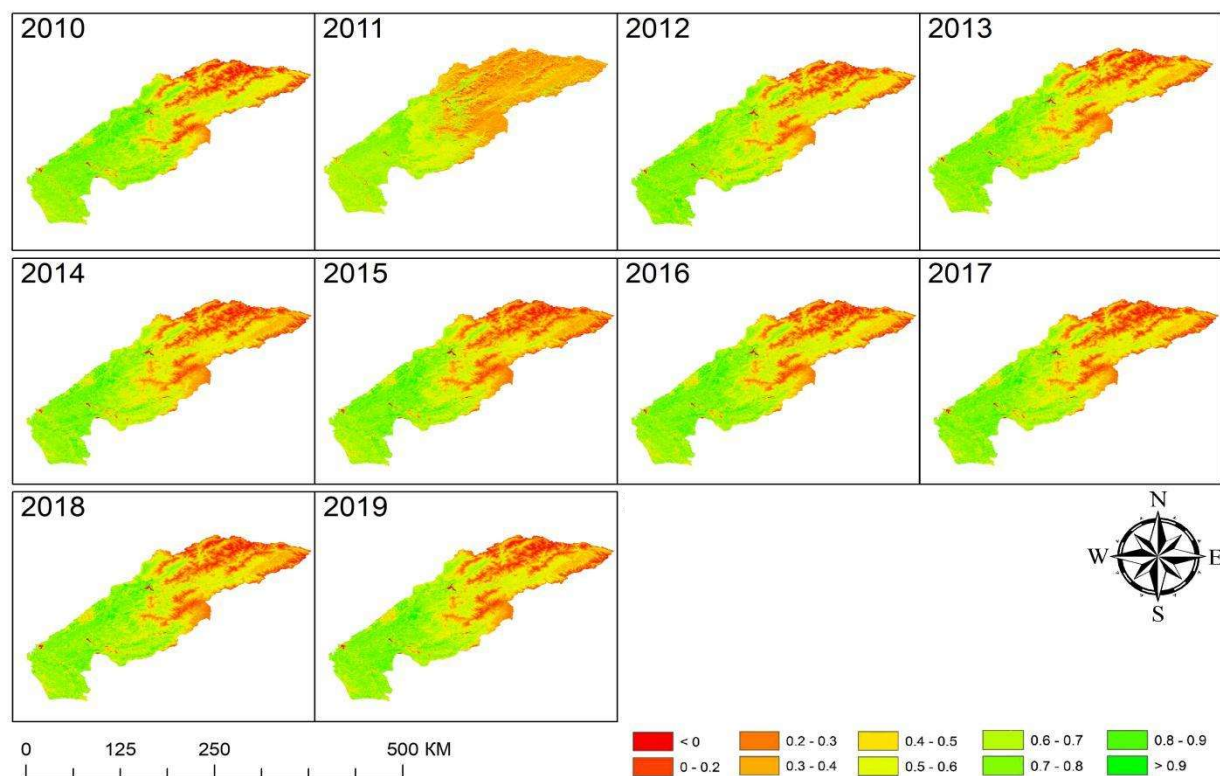
3-расм. Тадқиқот объектидаги ҳавзаларда SPI нинг 2010-2019 йй. давридаги мавсумий ўзгариши

Рис. 3. Сезонный индекс SPI для всей исследуемой территории в период 2010-2019 гг.

Fig. 3. Seasonal SPI index for whole study area in the period of 2010-2019

NDVI бўйича ўрганилаётган ҳудуд умумий майдонида тадқиқот давридаги энг паст кўрсаткич 2012 йилга тўғри келади. Бу йилда ҳавзада тадқиқот давридаги ўсимлик қопламининг, баргларида хлорофил дончалари ҳамда ўсимлик мезофил тўқима тузилишининг жуда “пассив” фаоллиги кузатилган. Бу даврда йилнинг куз фаслида SPI қиймати жуда ҳам паст, “бироз қуруқ” даражани қайд этган. 2012 йилнинг бошқа мавсумлари (бахор, ёз ва қиш)да ҳавзада SPI бўйича меъёр атрофидаги қийматлар кузатилган. SPI бўйича қишки қуруқ йилларда (2011, 2016, 2018 йй.) ўртача йиллик NDVI қиймати бироз юқорилаган.

Баъзи ҳолларда SPI кўрсаткичлари NDVI кўрсаткичларига мос тушмаслиги ҳам мумкин. 2016 йилда SPI бўйича учта мавсумнинг нам кузатилишига қарамай, NDVI қиймати кутилганидек, юқори кўрсаткични бермади. Бу, 2016 йилда ҳаво ҳароратининг мавсумларга хос бўлмаган ноодатий иссиқ кузатилгани билан боғлиқ. Демак, айрим ҳолларда ҳарорат омили туфайли, NDVI ҳудудда ёғиб ўтган ёғингарчилик орқали ҳисобланган SPI кўрсаткичларига мос тушмаслиги ҳам мумкин.



4-расм. 2010-2019 йиллар давомида ҳавзанинг ўртача йиллик NDVI қиймати

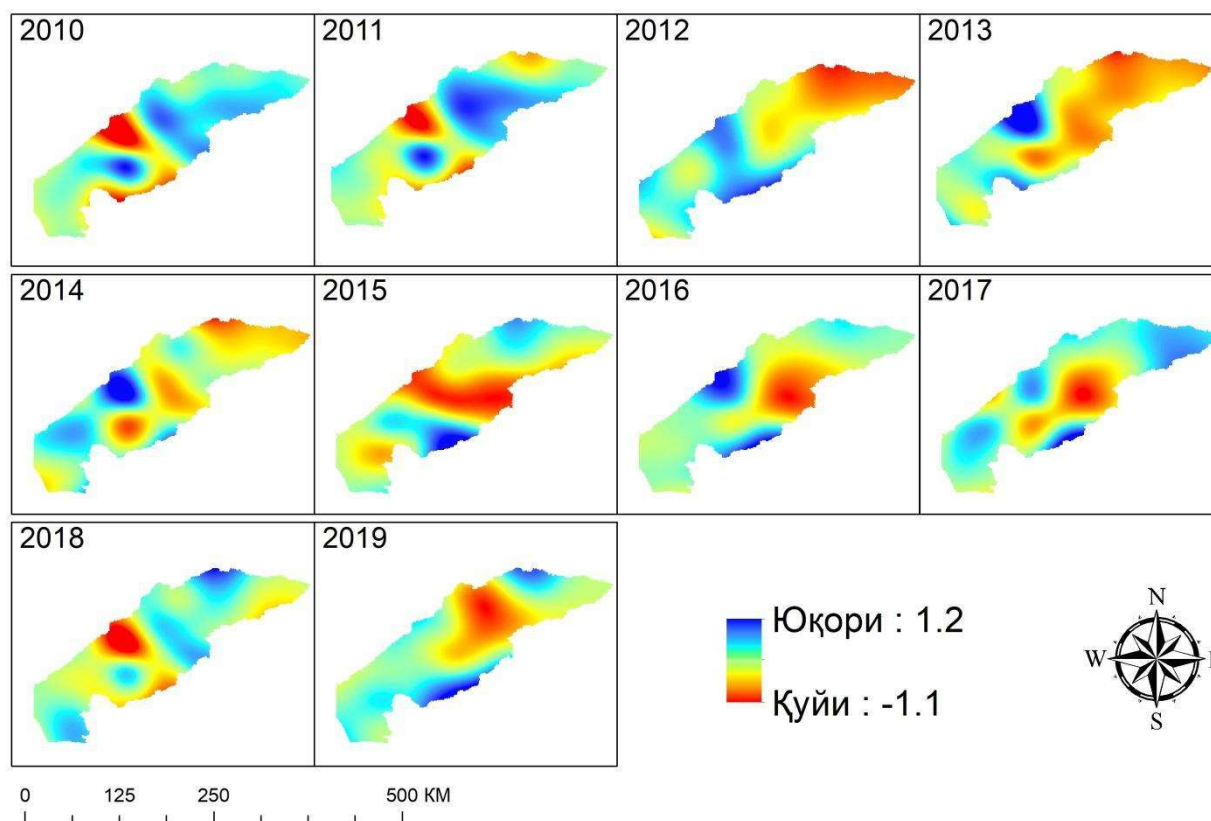
Рис. 4. Среднегодовой NDVI для исследуемой территории в период 2010-2019 гг.

Fig. 4. Annual mean NDVI for the study area during 2010-2019

Умуман олганда, 2013 йилдан сўнг, Тошкент ва Сирдарё вилоятларида NDVI нинг ўртача йиллик ўзгариш тенденциясида кескин ўзгаришлар кузатилмаган. Бу даврда йилнинг ҳамма мавсумларидан бири қуруқ (SPI бўйича) бўлиши ҳисобига, NDVI қиймати кескин ўзгаришларсиз бироз кўтарилиб борган. Шундай қилиб, 2013-2019 йиллар Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий минтақасида ўсимликлар ўсиши, ривожланиши учун “қулай” шароитлар кузатилганини таъкидлаш мумкин.

Хулоса. Тадқиқот объектида жойлашган учта гидрологик ҳавзада 2010-2019 йиллар даврида мавсумлар бўйича SPI ва NDVI қийматлари орасидаги ўзгаришларда сезиларли боғлиқлик борлиги кузатилди. Сирдарё ҳавзасидаги текислик ҳудудларидан иборат ўсимлик қоплагига эга майдонларда SPI орқали мавсумий қурғоқчилик хавфини баҳолаш мумкинлиги аниқланди.

Чирчиқ-Оҳангарон ва Сирдарёнинг Тошкент ва Сирдарё вилоятларидан кесиб ўтувчи ҳавзаларида бутун тадқиқот даври учун SPI қиймати бўйича ўртача 0,047 ни ташкил этди. Бу қурғоқчиликнинг “**бироз нам**” даражасига мос келади. Тадқиқот даврида -1 даражадан паст “ўртача” қурғоқчилик хавфи мавжуд мавсумлар қайд этилмади.



5-расм. 2010-2019 йиллар давомида ҳавзанинг ўртача йиллик SPI қиймати

Рис. 5. Среднегодовой SPI для исследуемой территории в период 2010-2019 гг.

Fig. 5. Annual SPI for the study area during 2010-2019

SPI ёрдамида қурғоқчилик хавфини ёғингарчилик маълумотлари асосида ҳисоблаб чиқиш имконияти ўрганилди. Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасида қурғоқчилик хавфини метеорология станцияларида қайд этилган сув буғи босими маълумотларидан ташқари, гидрологик ва агрометеорологик кузатув пунктларида қайд этилган ёғингарчилик маълумотлари орқали ҳисоблаш имконияти мавжудлиги аниқланди.

Муаллифлар ҳиссаси. Ш.Ш. Зайтов: Методология, сунъий йўлдош тасвирлари ёрдамида масофадан зондаш метеорологик дастур маълумотлари устида ишлаш, ГАТ хариталарни яратиш. **Э.И. Абдулахатов:** Мақола ғояси, натижалар таҳлили, маълумотларни йиғиш, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш, раҳбарлик. **Д.Ў. Ярашев:** Методология, маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, графикларни яратиш. Барча муаллифлар кўлёзманинг нашр этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Петров Ю.В., Холматжанов Б.М., Эгамбердиев Х.Т., Ишниязова Ф.А., Буков В.А., Хайдаров М.Б. Новый подход к классификации атмосферной засухи // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. №1, 2021. – С. 20-36.

Ҳасанов И.А., Фуломов П.Н., Қаюмов А.А. Ўзбекистон табиий географияси (2-қисм). – Тошкент: ЎЗМУ нашриёти, 2010. – 161 б.

Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агрометеорологические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Тошкент: Ворис нашриёти, 2007. – 130 с.

Bhuiyan C. Various drought indices for monitoring drought condition in Aravalli terrain of India // XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, 2004. – PP. 12–23.

Bhuiyan C., Singh R., Kogan F. Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data // J. Appl. Earth Obs. Geoinf. №8, 18 March 2006. – PP. 289–302.

Bordi I., Sutura A. An analysis of drought in Italy in the last fifty years // Nuovo Cimento C. Geophysics Space Phys., 2005. – PP. 178–185.

Geerken R., Zaitchik B., Evans J. Classifying rangeland vegetation type and coverage from NDVI time series using Fourier Filtered Cycle Similarity // International Journal of Remote Sensing, (26:24), 2005. – PP. 5535–5554.

Gibbs W., Maher J. Rainfall deciles as drought indicators // Bulletin Commonwealth Bureau of Meteorology, Australia. Vol 48, 1967. - PP. 128–135.

Goddard S., Harms S., Reichenbach S., Tadesse T., Waltman W. Geospatial decision support for drought risk management // Communications of the ACM, 2003. – PP. 35–37.

Iman R., Olafsson H., Moniruzzaman Md., Ardö J., Zhang H., Darlington T., Shahin Sh and Azim S. The 2000–2017 drought risk assessment of the western and southwestern basins in Iran // Modeling Earth Systems and Environment, 27 March, 2020. – PP. 1201–1221.

Ji L., Peters. A Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices // Remote Sens. Environ., 2003. - PP. 85–98.

Khosravi H., Haydari E., Shekoohizadegan S., Zareie S. Assessment the effect of drought on vegetation in desert area using landsat data Egypt // J. Remote Sens. Space Sci., №20, 2017. – PP. 3–12.

Kogan F. World droughts in the new millennium from AVHRR based vegetation health indices // Eos. Trans. Am. Geophys. Union., (83), 2002. – PP. 557–563.

McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales // Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA. Boston, MA, American Meteorological Society. 17–22 January 1993. – PP. 179–184/

Palmer W.C. Meteorological Drought // US Weather Bureau, Research Paper. No. 45. – Washington. 1965. – P. 58.

Rahimzadeh B.P., Omasa K., Shimizu Y. Comparative evaluation of the Vegetation Dryness Index (VDI), the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and the improved TVDI (iTVDI) for water stress detection in semi-arid regions of Iran. // ISPRS J. Photogramm Remote Sens. №68, 2012. – PP. 1–12.

Shafer A.B., Dezman L.E. Developemnet of a surface water supply index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas // Proceedings of the 50th annual western snow conference, Colorado State University, 1982. – PP. 164–175.

Shah R., Bharadiya N., Manekar V. Drought index computation using standardized precipitation index (SPI) method for Surat District // Gujarat. Aquat. Proc., №4, 2015. – PP. 1243–1249.

Thom H. Some methods of climatological analysis // WMO Tech. Note 81. 1966.

**ОЦЕНКА РИСКА ЗАСУХИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ
УЗБЕКИСТАНА В 2010-2019 ГГ.****Ш.Ш. ЗАИТОВ¹, Э.И. АБДУЛАХАТОВ¹, Д.У. ЯРАШЕВ²**

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
sherzodzaitov@gmail.com, erik_sen@mail.ru

² Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, drxnyarashev@mail.ru

Аннотация. Исследована взаимосвязь между засухой и изменениями растительного покрова в трех гидрологических бассейнах Ташкентской и Сырдарьинской областей на северо-востоке Узбекистана. В процессе исследования выполнен анализ повторяемости сильных засух на основе расчетных значений нормализованного индекса растительности (NDVI), стандартизированного индекса осадков (SPI) и сезонных изменений растительного покрова. Для выполнения исследования использовались данные об осадках 17 метеостанций Узгидромета за период 2010-2019 гг. Для расчета индекса NDVI использовались данные дистанционного зондирования спутника MODIS TERRA с 16 дневным интервалом.

Ключевые слова: растительность, засуха, осадки, NDVI, MODIS TERRA, SPI, Гамма функция, гидрологический бассейн, дистанционное зондирование.

**ASSESSMENT OF DROUGHT RISK IN THE NORTH-EAST RIVER BASINS OF
UZBEKISTAN IN 2010-2019****Sh.Sh. ZAITOV¹, E.I. ABDULAKHATOV¹, D.U. YARASHEV²**

¹ Hydrometeorological Research Institute, sherzodzaitov@gmail.com, erik_sen@mail.ru

² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, drxnyarashev@mail.ru

Abstract. The study examined the relationship between drought and vegetation changes in the three watersheds of Tashkent and Syrdarya regions in the northeastern part of Uzbekistan. The research provides a comprehensive analysis of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Standardized Precipitation Index (SPI), and the recurrence of severe droughts as a result of seasonal vegetation changes. In this research used precipitation data from Uzhydromet which is measured in 17 meteorological stations during 2010-2019 years. Moreover, for these periods used remote sensing data, such as MODIS TERRA, which is collected every 16-day for deriving vegetation index NDVI.

Keywords: vegetation, drought, precipitation, NDVI, MODIS TERRA, SPI, Gamma function, watershed, remote sensing.

REFERENCES

Petrov Yu.V., Kholmatjanov B.M., Egamberdiev Kh.T., Ishniyazova F.A., Bukov V.A., Khaydarov M.B. Noviy podhod k klassifikatsii atmosferno y zasuhi [A new approach to the atmospheric drought classification] // Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi. №1, 2021. – S. 20-36. (in Russian)

Khasanov I.A., Gulomov P.N., Kayumov A.A. Ozbekiston tabiiy geografiyasi (2-kism) [Natural Geography of Uzbekistan (Part 2)]. – Toshkent: OzMU nashriyoti, 2010. – 161 b. (in Uzbek)

Chub V.Ye. Izmeneniye klimata i yego vliyaniye na gidrometeorologicheskiye protsessi, agrometeorologicheskiye i vodniye resursi Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agrometeorological and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Toshkent: Voris nashriyoti, 2007. – 130 s. (in Russian)