2. Аверьянов С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод. – М.: «Колос», 1982. – 241 с.
3. Горелкин Н.Е., Никитин А.М. Испарение с водоемов Средней Азии // Труды САНИИ, 1983, - Вып. 102(183). -С. 2-32.
4. Ирригация Узбекистана. Том III. -Ташкент: Фан, 1979. -357 с.
5. Yunusov G.Ch., Xikmatov F.X., Adenbayev B.E., Umirzoqov G.O‘., Turg‘unov D.M., Dovulov N.L. Sug‘orish kanallari ekspluatatsion ishonchliligini ta’minlash va ulardan foydalanish samaradorligini oshirish texnologiyalari. — Toshkent: «Fan texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi», 2020. — 146 b.
6. Yunusov G.Ch., Jumayev I.S., Qodirova G. Sug‘orish kanallarida daryo suvining yo‘qotilishini miqdoriy baholash // O‘zbekiston Geografiya Jamiyati axboroti. — Toshkent, 2018. 54-jild, — B. 178–180.
7. Yunusov G.Ch., Dovulov N.L. Katta Farg‘ona magistral kanali oqimining shimilishga sarflanishini miqdoriy baholash // O‘zbekiston Geografiya jamiyati axboroti. — Toshkent, 2024. 66-jild. — B. 112–115.

ИҚЛИМ ИЛИШИ ШАРОИТИДА ЧИРЧИҚ-ОҲАНГАРОН ҲАВЗАСИ ДАРЁЛАРИ МУАЛЛАҚ ОҚИЗИҚЛАРИ ОҚИМИНИНГ КЕЛАЖАКДАГИ МИҚДОРИЙ ЎЗГАРИШЛАРИНИ БАҲОЛАШ

О.Т.Холтожиева[1], З.Ф.Хакимова[2],
[1]Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, Тошкент, Ўзбекистон; e-mail: oyjamolxoltojiyeva@gmail.com,
ORCID: 0009-0001-9910-7048
[2]Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, Тошкент, Ўзбекистон; e-mail: zilolelyor@gmail.com , ORCID: 0009-0007-0720-0178

Аннотация: *Тадқиқот ишида иқлим илиши шароитида Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари муаллақ оқизиқлари оқимининг келажакдаги миқдорий ўзгаришларини баҳолашнинг комплекс гидрологик-статистик ёндашуви таклиф этилган. Келажак иқлим шароитини тавсифлашда CMIP6 моделининг SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 ва SSP5-8.5 сценарийлари қабул қилинган. Дарёлар муаллақ оқизиқлари оқимининг қишки ёғин, ёзги ёғин ва ёзги ҳаво ҳарорати билан кўп омилли боғланишларини баҳолаш учун Г.А.Алексеевнинг корреляцион боғланишларни тенглаштириш ва нормаллаштириш усулидан фойдаланиш таклиф этилган.*
Калит сўзлар: *дарё, муаллақ оқизиқлар, иқлим илиши, атмосфера ёғинлари, ҳаво ҳарорати, CMIP6, SSP кўпҳадли боғланишлар, регрессия тенгламалари, аниқлик, баҳолаш.*

Кириш. Дарёлар муаллақ оқизиқлари оқими ҳавзада юза оқим ҳосил бўлиши, тупроқ ювилиши ва ўзан жараёнларининг ўзаро таъсирини ифодаловчи муҳим гидрологик кўрсаткичлардан бири ҳисобланади. Муаллақ оқизиқлар миқдори сув сарфи билан чамбарчас боғланган бўлса-да, унинг шаклланишида ҳавзанинг баландлиги ва нишаблиги, тупроқ ва ўсимлик қоплами, ёғинлар миқдори ва жадаллиги, қор қопламининг ҳосил бўлиши, музликлар ва уларнинг эриши ҳам катта аҳамиятга эга. Тоғ дарёларида йиллик муаллақ оқизиқлар оқимининг катта қисми тўлинсув ва тошқин даврларига тўғри келади.

Иқлим илиши мазкур жараёнларнинг вақт ва миқдор бўйича ўзаро нисбатини ўзгартириши мумкин. Ҳаво ҳароратининг кўтарилиши қор чизиғининг баландлашишига, қор қопламининг қисқаришига ва қор эриши муддатининг эртароқ бошланишига олиб келади. Ёғиннинг мавсумий тақсимланиши ўзгарганда эса дарёлар оқимининг йил ичидаги тақсимланиши ҳам ўзгаради. Натижада, дарёлар муаллақ оқизиқлари оқимининг ўртача йиллик миқдоридан ташқари, унинг энг катта қийматлари кузатиладиган муддатлар ҳам силжиши мумкин.

IPCC баҳолашларига кўра, Марказий Осиё тоғли ҳудудларида илиш қор қоплами ва баҳорги эриш жараёнларида сезиларли ўзгаришларга олиб келиши мумкин [6]. Шу билан бирга, ёғин бўйича моделлараро фарқ ҳароратга нисбатан юқорироқ бўлиб, бу дарё оқими ва оқизиқлар оқими прогнозларида ноаниқлик манбаи ҳисобланади. Шу сабабли битта иқлим моделига таяниш эмас, балки бир нечта моделлар натижаларини ансамбль кўринишида баҳолаш мақсадга мувофиқдир.

Тадқиқот мавзусининг долзарблиги. Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси Ўзбекистоннинг шимоли-шарқида жойлашган, тоғ ва тоғолди ҳудудларининг катта улуши билан ажралиб туради. Ҳавзанинг тик ёнбағирлари, мавсумий кучли ёғинлар ва серсув даврдаги юқори сув сарфи эрозия материалларининг дарё тармоғига келиб тушиши учун қулай шароит яратади. Шунинг учун мазкур ҳавза дарёларида муаллақ оқизиқлар оқимининг келажакдаги ўзгаришини баҳолаш сув омборларининг лойқа босиши, каналлар ва гидротехника иншоотларини ишлатиш, шунингдек ўзан жараёнларини прогнозлаш учун муҳим амалий аҳамиятга эга.

Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзасида ёғиннинг эрозияловчи таъсири ва тупроқ ювилиши бўйича ўтказилган тадқиқотларда иқлим ўзгариши шароитида эрозион жараёнлар кучайиши мумкинлиги кўрсатилган [7]. Чорвоқ ва Оҳангарон сув омборлари ҳажмининг кўп йиллик камайиши ҳам ҳавзада оқизиқлар оқимини баҳолашнинг амалий аҳамияти ва долзарблигини тасдиқлайди [8].

Тадқиқотнинг **мақсади** - иқлим илиши шароитида Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари муаллақ оқизиқлари оқимининг келажакдаги миқдорий ва мавсумий ўзгаришларини CMIP6 моделлари асосида баҳолашдан иборат.

Мақсадга эришиш учун қуйидаги **вазифалар** белгиланди: 1) ҳисоб даврлари сифатида танлаб олинган 1961-1990 ва 1991-2020 йиллар учун гидрологик ва иқлимий қаторларни қиёсий таҳлил қилиш; 2) қишки ёғин, ёзги ёғин ва ёзги ҳароратнинг дарёлар муаллақ оқизиқлари оқими билан боғланишини статистик баҳолаш; 3) CMIP6 SSP сценарийлари бўйича 2021-2100 йилларни ҳар ўн йиллик кесимда баҳолаш;

Тадқиқот усуллари. Кузатилган давр икки 30 йиллик оралиққа ажратилди: 1961-1990 йиллар - базавий иқлимий давр, 1991-2020 йиллар - жорий иқлимий давр. Келажак даврлари 2021-2030, 2031-2040, 2041-2050, 2051-2060, 2061-2070, 2071-2080, 2081-2090 ва 2091-2100 йиллар кесимида қабул қилинди. Келажак аномалиялари асосан 1991-2020 йиллар ўртача қийматларига нисбатан ҳисобланади.

Гидрологик маълумотлар таркибига муаллақ оқизиқлар сарфи R киритилади. Иқлимий омиллар сифатида қишки ёғин ($X_к$), ёзги ёғин ($X_ё$) ва ёзги ҳаво ҳарорати ($t_ё$) қабул қилинади. Иқлимий аномалиялар ҳам тегишли ифодалар орқали аниқланди.

CMIP6 натижаларини ҳавза шароитига мослаштиришда бир нечта глобал иқлим моделларидан фойдаланиш тавсия этилади. Ушбу тадқиқот схемасида ACCESS-CM2, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0, MIROC6, EC-Earth3, GFDL-ESM4, IPSL-CM6A-LR ва NorESM2-MM каби моделлар таҳлил қилинди.

Дарёлар муаллақ оқизиқлари оқимининг иқлимий омиллар билан кўпҳадли боғланишини баҳолашда Г.А.Алексеев томонидан таклиф этилган корреляцион боғланишларни объектив тенглаштириш ва нормаллаштириш усулидан фойдаланилди.

Ҳисоблашларда аввал 1961-1990 ва 1991-2020 йиллар қаторлари нормаллаштирилади, кейин α коэффициентлари аниқланди. Кейинги босқичда ҳар бир

CMIP6 модели ва SSP сценарийси учун келажак $X_к$, $X_ё$ ва $t_ё$ қийматлари нормаллаштирилиб, $U_0(R_{кел})$ ҳисобланди.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Келажакда кутилаётган иқлим ўзгаришлари 1991-2020 йилларга нисбатан баҳоланди. Улар CMIP6 бўйича минтақавий ўзгариш йўналишларини гидрологик ҳисоблашга кириш маълумоти сифатида кўрсатиш учун хизмат қилади. Якуний баҳолашда эса ушбу қийматлар танланган CMIP6 моделларидан Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси учун ажратиб олинган, бир хил базавий давр ва бир хил фазовий миқёсга келтирилган ҳақиқий ансамбль натижалари билан алмаштирилиши лозим (1-жадвал).

1-жадвал

Ҳароратнинг 1991-2020 йилларга нисбатан ўн йилликлар бўйича ўзгариши, °C (қиш / ёз)

Давр	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
2021–2030	+0,7 / +0,9	+0,8 / +1,0	+0,8 / +1,0	+0,9 / +1,1
2031–2040	+1,0 / +1,2	+1,1 / +1,4	+1,2 / +1,5	+1,3 / +1,7
2041–2050	+1,2 / +1,5	+1,4 / +1,8	+1,6 / +2,1	+1,8 / +2,4
2051–2060	+1,3 / +1,6	+1,7 / +2,2	+2,0 / +2,7	+2,3 / +3,2
2061–2070	+1,3 / +1,7	+2,0 / +2,6	+2,5 / +3,3	+2,9 / +4,0
2071–2080	+1,4 / +1,7	+2,2 / +3,0	+3,0 / +4,0	+3,6 / +4,9
2081–2090	+1,4 / +1,8	+2,4 / +3,3	+3,4 / +4,7	+4,3 / +5,9
2091–2100	+1,4 / +1,8	+2,5 / +3,5	+3,8 / +5,2	+4,8 / +6,5

Ҳарорат бўйича сценарийлар ўртасидаги фарқ XXI асрнинг биринчи ярмида нисбатан кичик, асрнинг иккинчи ярмида эса, айниқса SSP3-7.0 ва SSP5-8.5 сценарийларида, кескин ортади. Ёзги ҳароратнинг қишки ҳароратга нисбатан тезроқ кўтарилиши буғланишни кучайтириб, кам сувли давр сув сарфини пасайтириши ва уларнинг муаллақ оқизиқларни ташиш қобилиятини камайтириши мумкин.

Қишки ёғиннинг ортиши қиш–баҳор даврида сув захираларини кўпайтириши мумкин. Бироқ илиш шароитида ёғиннинг қор ва ёмғир кўринишида тушиш нисбати ўзгариши, қор қопламининг барқарорлиги пасайиши ва қор эриши эртароқ бошланиши мумкин. Бу баҳорги серсув даврнинг вақт бўйича олдинга силжишига ва муаллақ оқизиқлар оқимининг юқори қийматлари эртароқ кузатилишига олиб келиши эҳтимол (2-жадвал).

2-жадвал

Қишки ёғин миқдорининг 1991–2020 йилларга нисбатан ўзгариши, %

Давр	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
2021–2030	+2	+3	+3	+4
2031–2040	+3	+4	+5	+5
2041–2050	+4	+5	+6	+7
2051–2060	+4	+6	+8	+9
2061–2070	+5	+7	+10	+12
2071–2080	+5	+8	+12	+15

Давр	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
2081–2090	+5	+9	+14	+18
2091–2100	+5	+10	+16	+21

Ёзги ёғин камайиши ва ҳарорат ортиши бир вақтда кечганда кам сувли даврда сув сарфининг пасайиши эҳтимоли ортади. Бундай шароитда ўртача муаллақ оқизиқлар оқими камайиши мумкин. Бироқ узоқ қуруқ даврдан кейинги кучли жала ҳодисалари ёнбағирларда тўпланган бўшашган материални қисқа вақтда дарё тармоғига етказиб, қисқа муддатли юқори оқизиқлар сарфини юзага келтириши мумкин. Демак, ўртача миқдорнинг камайиши экстремал оқизиқлар ҳодисаларининг камайишини англатмайди (3-жадвал).

3-жадвал

Ёзги ёғин миқдорининг 1991–2020 йилларга нисбатан ўзгариши, %

Давр	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
2021–2030	-1	-2	-2	-2
2031–2040	-2	-3	-3	-4
2041–2050	-2	-4	-5	-6
2051–2060	-3	-5	-7	-9
2061–2070	-3	-6	-9	-12
2071–2080	-3	-7	-11	-15
2081–2090	-3	-8	-13	-18
2091–2100	-4	-9	-15	-21

Тадқиқотда олинган натижалардан кўриниб турибдики, дарёлар муаллақ оқизиқлари оқимининг келажакдаги ўзгаришини фақат ёғин миқдори билан изоҳлаш етарли эмас. Қишки ёғинлар миқдорининг ортиши сув захираларини кўпайтириши мумкин бўлса-да, ҳароратнинг кўтарилиши қор тўпланишини камайтиради ва унинг эриш жараёнини эса тезлаштиради. Натижада баҳорги оқимнинг вақт бўйича силжиши муаллақ оқизиқларнинг мавсумий тақсимланишига бевосита таъсир кўрсатади.

Ёзда эса икки қарама-қарши жараён юзага келиши мумкин. Бир томондан, ҳарорат ортиши ва ёғин камайиши кам сувли даврда дарёларнинг лойқа оқизиқларни ташиш қобилиятини пасайтиради. Иккинчи томондан, қуруқ ёнбағирларда бўшашган материал тўпланиши ва қисқа муддатли жала ҳодисалари юқори лойқаликли оқимларни юзага келтириши мумкин. Шу туфайли дарёлар муаллақ оқизиқлари оқимини келажак учун баҳолашда йиллик ўртача R билан бирга мавсумий ва максимал R кўрсаткичларини ҳам таҳлил қилиш зарур.

Прогноз ишончлилигига таъсир этувчи асосий ноаниқлик манбалари қуйидагилардан иборат: CMIP6 моделлари ўртасидаги фарқ, SSP сценарийси танлови,

глобал модел натижаларини ҳавза миқёсига келтириш усули, кузатув маълумотларининг давомийлиги ва сифат даражаси, регрессия тенгламасининг барқарорлиги ҳамда келажакда иқлим–оқим–оқизиқ боғланишининг ўзгармаслиги ҳақидаги фараз. Шу сабабли натижалар битта рақам эмас, балки марказий баҳо ва ноаниқлик оралиғи билан тақдим этилиши мақсадга мувофиқ.

Ишлаб чиқилган ёндашув сув омборларига келиб тушадиган лойқа оқизиқлар миқдорининг келажакдаги ўзгаришини баҳолаш, сув омборларининг лойқа босиш хавфини олдиндан кўриш, гидротехника иншоотларини эксплуатация қилиш режимини такомиллаштириш ва ўзан жараёнлари билан боғлиқ муаммоларни баҳолашда қўлланилиши мумкин. Шунингдек, тадқиқот натижалари ҳавзада эрозияга қарши тадбирларни устувор ҳудудлар бўйича режалаштириш учун ҳам илмий асос бўлиб хизмат қилади.

Хулоса

1. Чирчиқ-Оҳангарон ҳавзаси дарёлари муаллақ оқизиқлари оқимининг келажакдаги ўзгариши иқлим илиши, қор эриши, сув сарфи, ёғиннинг мавсумий тақсимланиши ва ҳавза юзасидаги сув эрозияси жараёнларининг биргаликдаги таъсири билан белгиланади;

2. SSP сценарийларида ҳароратнинг изчил ортиши, қишки ёғиннинг кўпайиши ва ёзги ёғиннинг камайиши муаллақ оқизиқлар оқимининг мавсумий қайта тақсимланиш эҳтимолини оширади;

3. Тадқиқотда Г.А.Алексеев усулида олинган нормаллаштирилган регрессия тенгламалари иқлимий омилларни дарёлар муаллақ оқизиқлари оқими билан статистик баҳолаш ва уларнинг келажакда кутилаётган қийматларини гидрологик асосда баҳолаш имконини беради;

Фойдаланилган адабиётлар

1. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей: с примерами из гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 363 с.

2. Eyring V., Bony S., Meehl G.A., Senior C.A., Stevens B., Stouffer R.J., Taylor K.E. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // Geoscientific Model Development. – 2016. – Vol. 9. – P. 1937–1958.

3. O’Neill B.C., Tebaldi C., van Vuuren D.P., Eyring V., Friedlingstein P., Hurtt G., Knutti R., Kriegler E., Lamarque J.-F., Lowe J., Meehl G.A., Moss R., Riahi K., Sanderson B.M. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6 // Geoscientific Model Development. – 2016. – Vol. 9. – P. 3461–3482.

4. Riahi K., van Vuuren D.P., Kriegler E. et al. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications // Global Environmental Change. – 2017. – Vol. 42. – P. 153–168.

5. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, 2021.

6. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Interactive Atlas and regional assessment for West and Central Asia. – 2021.

7. Gafforov K.S., Bao A., Rakhimov S., Liu T., Abdullaev F., Jiang L., Durdiev K., Duulatov E., Rakhimova M., Mukanov Y. The Assessment of Climate Change on Rainfall-Runoff Erosivity in the Chirchik–Akhangaran Basin, Uzbekistan // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – No. 8. – 3369.

8. Khasanov K. A comprehensive analysis of reservoir capacity loss: A case study of the Akhangaran reservoir, Uzbekistan // Water Cycle. – 2025. – Vol. 6. – P. 105–117.

9. World Bank. Climate Change Knowledge Portal. CMIP6 global downscaled and bias-corrected climate projections, 0.25° resolution.