

from the suspended flows of the mountain rivers of Uzbekistan and their basins]. – Toshkent: “Innovatsion rivojlanish nashriyot matbaa uyi”, 2021. – 148 b. (in Uzbek)

Svetitsky V.P. Ustanovlenie vzaimosvyazi mezhdu stokom vzveshennykh nanosov i glavneishimi faktorami (dlya rek Amudari) [Establishment of the relationship between the flow of suspended sediments and the main factors (for the Amudarya rivers)] // *Izv. ANUz. Ser. tekhn.* – 1958. -№ 3. – S. 75-83. (in Russian)

Khikmatov F.Kh. Vodnaya ehroziya i stok vzveshennykh nanosov gornyx rek Srednei Azii [Water erosion and runoff of suspended sediments of mountain rivers of Central Asia]. – Tashkent: "Fan va texnologiya", 2011. – 248 s. (in Russian)

Khikmatov F.Kh., Yunusov G.Kh., et al. Zakonomernosti formirovaniya vodnykh resursov gornyx rek v usloviyah izmeneniya klimata. Monografiya [Patterns of formation of water resources of mountain rivers under conditions of climate change. Monograph]. – Tashkent: “Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi”, 2020. – 232 s. (in Russian)

Khmaladze G.N. Vynosy nanosov rekami Chernomorskogo poberezhya Kavkaza [Sediment removal by the rivers of the Black Sea coast of the Caucasus]. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 167 s. (in Russian)

Shamov G.I. Rechnye nanosy [River deposits]. – L.: Gidrometeoizdat, 1959. – 378 s. (in Russian)

Shvebs G.I. Teoreticheskie osnovy eroziovedeniya [Theoretical foundations of erosion studies]. – Kiev-Odessa: VISHCHA SHKOLA, 1981. – 222 s. (in Russian)

Shults V.L. Intensivnost smyva s poverkhnosti gornoj oblasti Srednei Azii [The intensity of flushing from the surface of the mountainous region of Central Asia]. – *Meteorologiya i gidrologiya*, 1947. № 1. – S.37-41. (in Russian)

Shcheglova O.P. Formirovanie stoka vzveshennykh nanosov i smyv s gornoj chasti Srednei Azii [Formation of suspended sediment runoff and washout from the mountainous part of Middle Asia] // *Tr. SANIGMI.* – 1972. Vyp. 60(75). – 228 s. (in Russian)

УДК 556.53+528.88+551.578.46

ОҲАНГАРОН ҲАВЗАСИДА МАСОФАДАН ЗОНДЛАШ ОРҚАЛИ ҚОР ҚОПЛАМИ ДИНАМИКАСИНИ ЎРГАНИШ ВА ДАРЁ ОҚИМИНИ ПРОГНОЗЛАШ

Б.Э. НИШОНОВ^{1,2*}, Д.М. ТУРГУНОВ¹, Д.Ў. ЯРАШЕВ¹, Ғ.Ў. УМИРЗАҚОВ²

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bnishonov@mail.ru, turgunov1987@gmail.com, dyarashev0896@gmail.com

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети, g.umirzakov@gmail.com

Аннотация. Мақолада Оҳангарон ҳавзасида қор қоплами динамикаси масофадан зондлаш маълумотлари асосида ўрганилди. Оҳангарон ҳавзаси қор қоплами индекслари ва дарё оқими орасида боғлиқликлар аниқланди. Қор қоплами индекси кўрсаткичлари асосида прогнозлаш регрессия тенгламалари тузилди ва Оҳангарон дарёсининг вегетация даври оқими прогнози ишлаб чиқилди. Дарё оқими прогнозларининг ўзини оқлаш даражаси ва самарадорлиги турли мезонлар бўйича баҳоланди.

Калит сўзлар: масофадан зондлаш, MODSNOW, қор қоплами, қор қоплами индекси, вегетация даври оқими, Оҳангарон дарёси, дарё оқимини прогнозлаш, прогнозлаш самарадорлиги.

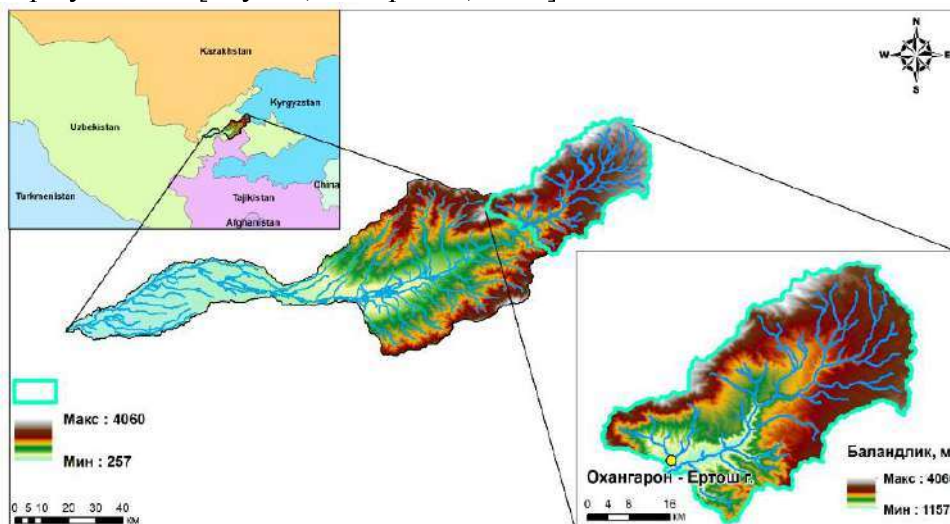
Кириш. Сўнгги ўн йилликларда иқлим ўзгариши – илишининг жадаллашуви кузатилди (WMO-№1303). Иқлим ўзгариши дарёлар оқимининг шаклланишидаги ўзгаришларга ҳам сабаб бўлмоқда. Дарёлар оқимининг йил давомида мавсумлар бўйича

* Масъул муаллиф: bnishonov@mail.ru, тел.: +998 97 197-03-95

тақсимланишидаги ўзгаришлар туфайли мавсумий сел-сув тошқинларининг ортиши ҳамда дарёларда кам сувли йилларнинг кетма-кет такрорланиши бунга яққол мисол бўла олади. Бу эса, ўз навбатида, гидрологик прогнозлар соҳасида замонавий гидрологик тадқиқотларни олиб боришни тақозо этади. Бугунги кунда гидрологик прогнозлар сув ресурсларини интеграллашган ҳолда бошқариш, гидроэнергетика, қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқариши, сув тошқинлари хавфини камайтириш, қурғоқчиликни юмшатиш каби масалалар бўйича қарорлар қабул қилишда биринчи даражали аҳамиятга эга.

Оҳангарон дарёси мамлакатимизнинг катта иқтисодий салоҳиятга эга бўлган Тошкент вилоятида жойлашган бўлиб, унинг ҳавзасида Ангрен-Олмалик-Оҳангарон йирик иқтисодий мажмуаси ҳамда агросаноат мажмуалари мавжуд. Дарёнинг ўртача йиллик сув сарфи ($20,1 \text{ м}^3/\text{с}$) катта бўлмаса-да, унинг сув ресурсларидан оқилона фойдаланиш мақсадида, дарё ўзанининг юқори қисмида Оҳангарон сув омбори ва ўрта қисмида Туябўғиз сув омбори барпо этилган. Шу билан бирга, дарёда умумий қуввати 59 МВт бўлган 3 та ГЭС мавжуд. Оҳангарон дарёси ҳавзаси тоғ ва паст текисликлардан иборат.

Дарё ҳавзаси жанубда Қурама ва шимолда Чотқол тоғ тизмалари билан чегараланган бўлиб, шарқда ҳар икки тизма қўшилиб, ҳавза чегарасини белгилайди. Ғарбда Оҳангарон дарёси ҳавзаси Сирдарё дарёси ўзани билан чегараланади. Ҳавзанинг ўрта ва қуйи қисми асосан Тошкент вилояти ҳудудида, юқори қисми эса Наманган вилояти ҳудудида жойлашган (1-расм). Оҳангарон дарёси Сирдарёнинг, Фарғона водийсидан чиққач, Чирчиқ дарёсидан кейин иккинчи йирик ўнг ирмоғидир. Оҳангарон дарёси юқори қисмида, Қурама тизмасининг ёнбағридан оқиб тушувчи булоқ ва жилғаларнинг қўшилишидан пайдо бўлган, Оқтошсой номи билан бошланади. Сўнг дарёга Човлисой, Яккаарчасой, Эртошсой, Дукентсой, Қорабағишсой, Ниёзбошсой ва бошқа сойлар қўшилади [Шульц, Машрапов, 1969].



1-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзасининг географик жойлашуви

Рис. 1. Географическое расположение бассейна реки Ахангаран

Fig. 1. Geographical location of Akhangaran River basin

Оҳангарон дарёсининг инсон хўжалик фаолияти таъсиридан холи бўлган, табиий оқим режимли, Оҳангарон сув омборидан юқори қисмини ўрганиш мақсадга мувофиқ. Оҳангарон дарёсининг табиий гидрологик режими унинг ўнг ирмоғи бўлган Эртош дарёсининг қўшилишидан қуйида, шу ном билан аталувчи Эртош гидропостида

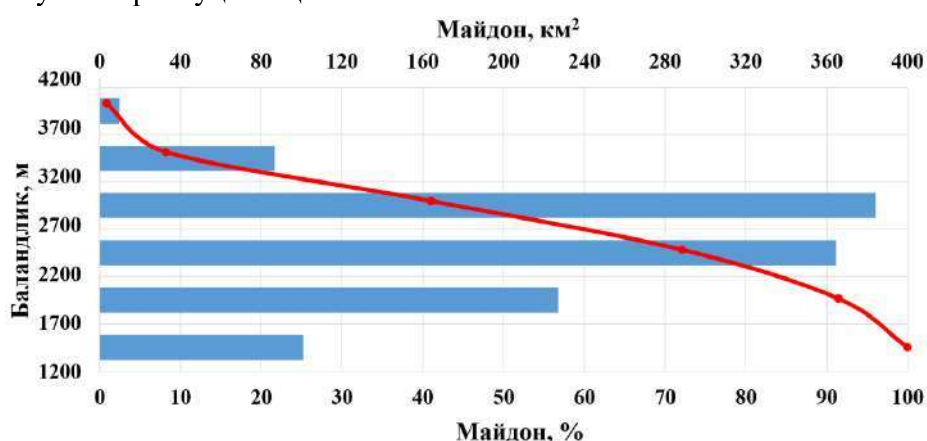
кузатилади. Дарё ҳавзасининг Эртош гидропостиғача бўлган сув тўплаш майдони 1180 км², унинг ўртача баландлиги эса 2515 м ни ташкил этиб, сув тўплаш майдонининг атиги 3,0% қисми 3500 м дан баландда жойлашган (2-расм). Сув тўплаш майдонининг нисбатан паст бўлганлиги ва унинг кўпроқ тоғ тизмаларининг жанубга қараган ёнбағирларида жойлашганлиги сабабли Оҳангарон дарёси ҳавзасида музликлар мавжуд эмас ва дарё Шульц таснифи бўйича 4-типга, яъни қор-ёмғир сувлари билан тўйинадиган дарёлар қаторига қиради.

Кўп йиллик метеорологик кўрсаткичлар ва қор қоплами таҳлиллари натижасига кўра, Оҳангарон дарёси ҳавзасининг тоғли қисмида ўртача йиллик ҳаво ҳарорати ортиб бораётганлиги, йиллик ёғинлар миқдори эса камаётганлиги ва дарёнинг оқим шаклланиш зонасида барқарор қор қоплами сақланиш даври давомийлигининг камайиб бораётганлиги аниқланган [Нишонов ва бошқ., 2022].

Глобал иқлим ўзгариши туфайли, минтақада сув ресурслари танқислиги ортиб бораётган шароитда, масофадан зондлаш орқали олинган қор қоплами динамикаси маълумотлари асосида, Оҳангарон дарёси оқимини жорий ўзгаришларини ўрганиш долзарб масалалардан ҳисобланади.

Тадқиқотнинг мақсади Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор қоплами динамикасини ўрганиш ва ундан дарё оқимини прогнозлашда фойдаланишдан иборат. Тадқиқот объекти Оҳангарон дарёси ҳавзасининг Эртош гидропостидан юқоридаги қисми ҳисобланади (1-расм). Тадқиқот предмети – Оҳангарон дарёси оқимини прогнозлаш усулларини такомиллаштириш масалаларидир.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Дарё ҳавзасидаги қор қоплами ва йилнинг совуқ даврдаги ёғингарчилик миқдори маълумотларига таянган ҳолда вегетация даври учун ўрта ва узоқ муддатли прогнозлар тайёрланади ва улар чизиқли боғланиш тенгламаларига асосланади [Георгиевский, Шаночкин, 1987]. Тадқиқотда юқори баландликларда жойлашган гидрометеорологик станциялар маълумотларидан фойдаланилади. Метеорологик кўрсаткичларга қўшимча равишда қор қопламини масофадан зондлаш маълумотларидан фойдаланиш гидрологик прогнозларнинг ишончлилигини ва аниқлигини ошириши мумкин. Айниқса, ҳавзанинг метеорологик кузатувлар мавжуд бўлмаган қисмларидаги қор қоплами ҳолатини ўрганишда масофадан зондлаш маълумотлари муҳим аҳамиятга эга.



2-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзасининг гипсометрик эгри чизиғи

Рис. 2. Гипсометрическая кривая бассейна реки Ахангаран

Fig. 2. Hypsometric curve of Akhangaran River basin

Тадқиқот ишида Оҳангарон дарёси ҳавзасидаги танланган метеорологик станциялар ва гидрологик постлар кузатишлари бўйича қор қалинлиги, ҳаво ҳарорати ва сув сарфининг кўп йиллик (2001-2021 йй.) маълумотлари тўпланди ва таҳлил қилинди.

Ишни бажаришда MODIS сунъий йўлдошидан олинган ва “MODSNOW-Tool” дастурида қайта ишланган қор қоплами маълумотларидан фойдаланилди. Дарё ҳавзасининг Эртош гидропостидан юқори қисми QGIS дастури ёрдамида ажратиб олинди (1-расм) ва ҳар 500 метр баландлик оралиқлари бўйича қор қоплами маълумотлари таҳлил қилинди. Ҳар бир баландлик оралиқлари учун қор қоплами майдони SCA (Snow Cover Area) ҳисобланди. SCA муайян баландлик оралиғида қор қопланган майдоннинг умумий майдонга нисбатини улуш ҳисобида ифодаловчи параметр ҳисобланади. SCAnинг ўзгариши орқали ифодаланадиган қор қоплами индекси SCI (Snow Cover Index) кўрсаткичидан дарё оқимини прогнозлашда фойдаланилди. SCI куйидаги ифода бўйича ҳисобланди:

$$SCI = \sum_{n=1}^{n=365/366} SCA_i \quad (1)$$

бу ерда: SCI – қор қоплами индекси (Snow Cover Index), прогноз бериладиган муддатгача бўлган давр давомийлиги; SCA – қор қоплами майдони (Snow Cover Area), ҳавзанинг ҳар кунлик фоиз миқдорида қор билан қопланган қисми; n – кунлар сони [Калашникова, Гафуров, 2017].

Қор қоплами индекси ва қор қоплами майдони асосида дарё оқимини прогнозлашнинг куйидаги регрессия тенгламалари тузилди [Eric A et al., 2016]:

$$Q_n = a * SCI_{(n-1)(H_1-H_2)} + b * Q_{(n-1)} + c * T_n + d \quad (2)$$

$$Q_n = a * SCA_{(n-1)(H_1-H_2)} + b * Q_{(n-1)} + c * T_n + d \quad (3)$$

бу ерда: $SCI_{n(H_1-H_2)}$ – прогноз қилинадиган ойгача бўлган муддат учун қор қоплами индекси; (H_1-H_2) – баландлик зонаси, м; $Q_{(n-1)}$ – прогноз бериладиган кундан олдинги ўртача ойлик сув сарфи; T_n – ўртача ойлик ҳаво ҳарорати, °C; $SCA_{(n-1)(H_1-H_2)}$ – оқими прогноз қилинаётган муддатдан олдинги ойда қор қоплами майдонининг ўртача қиймати [Гафуров А. ва бошқ., 2021; Ниязов Дж. и др., 2020].

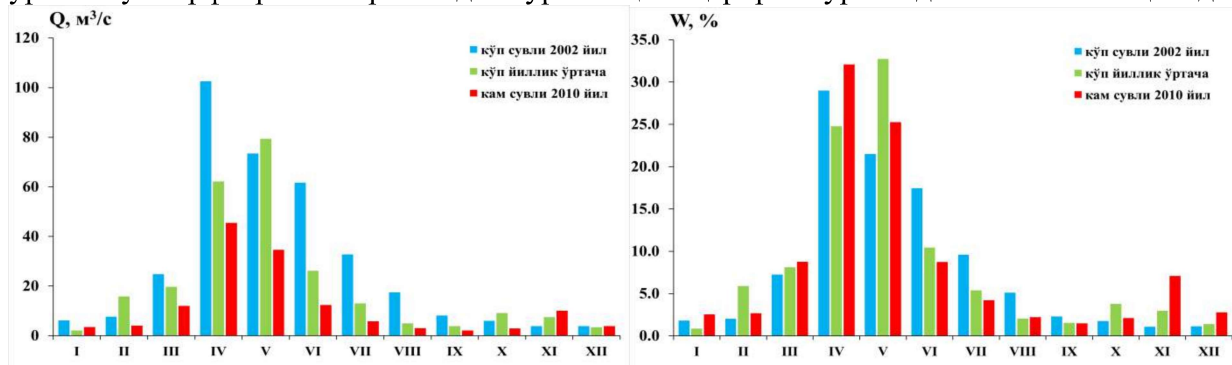
Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Ўрта Осиёда, айниқса, Ўзбекистонда вегетация даврида электр энергияси, ишлаб чиқариш эҳтиёжлари ва суғориш учун фойдаланишда сув ресурсларининг роли жуда катта.

Таҳлилларга кўра, Оҳангарон дарёсида тўлинсув даври апрель-июнь ойларига тўғри келади, йиллик оқимнинг 70 фоизидан ортиқ қисми шу даврда оқиб ўтади, энг катта сув сарфлари эса май ойида кузатилади (3-расм). 2001-2021 йиллар оралиғида дарёнинг Эртош постида қайд этилган ўртача кўп йиллик сув сарфи $20,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ни ташкил этди.

Оҳангарон дарёси ҳавзасининг ҳар 500 метр баландликдаги қор қоплами майдонини ойлар бўйича ўзгаришлари таҳлили натижаларидан ҳавзада қор қоплами майдонининг максимал қийматлари ноябрь-май ойларига тўғри келиши аниқланди. Дарё ҳавзасида барқарор қор қоплами 2200 м дан юқори бўлган баландликларда ноябрь ойининг охири – декабрь ойининг бошларидан апрел ойининг охиригача давом этса, ундан қуйи баландлик зоналарида кўп йилларда фақатгина январь-февраль ойларидагина мавжуд бўлади (4-расм).

Прогнозлаш имконини берадиган регрессия тенгламаларини тузиш мақсадида SCA, SCI, ўртача ойлик ҳаво ҳарорати ва ўртача ойлик сув сарфлари орасидаги корреляцион

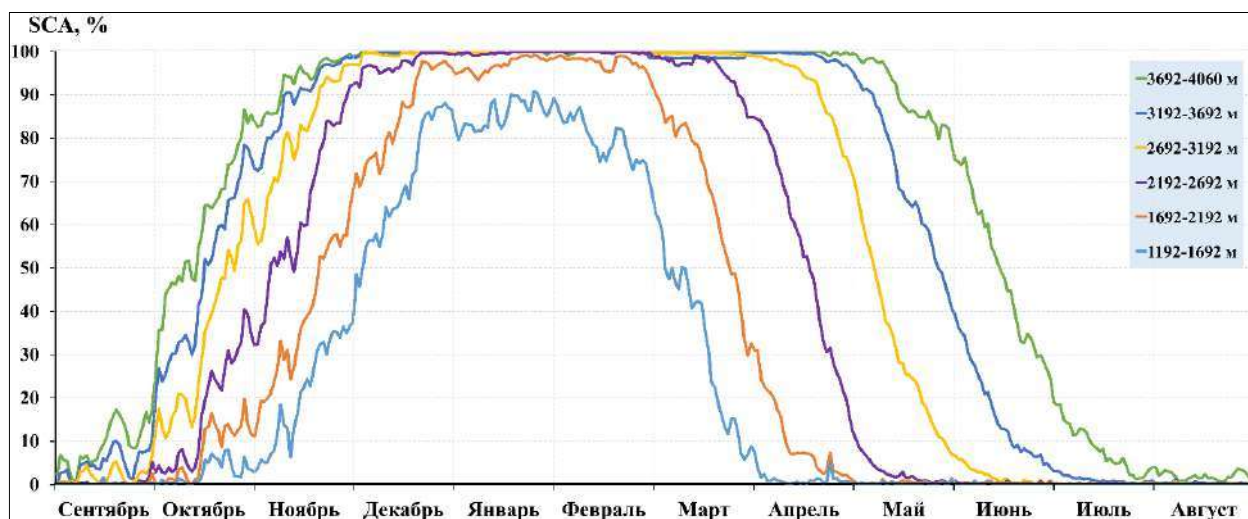
боғланишлар аниқланди (1-жадвал). Ҳаво ҳарорати дарё ҳавзасида жойлашган Дуқант (2002 м) ва Ангрен (742 м) метеорологик станциялари маълумотлари бўйича ўрганилди. Таҳлил натижалари асосида энг зич корреляцион боғланиш апрель-сентябрь ойларидаги ўртача сув сарфлари ва март ойидаги ўртача ҳаво ҳарорати ўртасида эканлиги аниқланди.



3-расм. Охангарон дарёси оқимининг йил давомида тақсимланиши (2001-2021 йй.)

Рис. 3. Внутригодовое распределение стока реки Ахангаран (2001-2021 гг.)

Fig. 3. Distrubition of Akhangaran River runoff during the year (2001-2021)



4-расм. Охангарон дарёси ҳавзасида қор қоплами майдонининг баландликлар оралиқлари бўйича ўзгариши (2001-2021 йй.)

Рис. 4. Изменение площади снежного покрова бассейна реки Ахангаран по высотным зонам (2001-2021 гг.)

Fig. 4. Dynamic of snow cover area of Akhangaran River basin by elevation zones (2001-2021)

Прогнозлаш тенгламаларни тузиш учун вегетация даври оқими ва SCA ўртасидаги жуфт корреляция коэффициентлари ҳам аниқланди (2-жадвал). Таҳлилларнинг кўрсатишича, ушбу турдаги боғланишлар учун тузилган жуфт корреляция коэффициентларининг қийматлари 0,31-0,89 оралиқда ўзгаради.

Қор қоплами ва дарё оқими ўртасидаги статистик боғланишларнинг юқори эмаслиги қор қоплами ўзгаришининг кўп сувли ва кам сувли йилларда сунбий йўлдош орқали олинган тасвирларида ҳам кўринган (5-расм).

1-жадвал

Оҳангарон дарёси ўртача ойлик сув сарфлари билан ўртача ойлик хаво ҳароратлари ўртасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари

Таблица 1

Коэффициенты парной корреляции связей между среднемесячными расходами воды реки Ахангаран и среднемесячными температурами воздуха

Table 1

Paired correlation coefficients between mean monthly water discharges of Akhangaran River and mean monthly temperature

Ойлар	T _{II}	T _{III}	T _{IV}	T _V	T _{VI}	T _{VII}	T _{II}	T _{III}	T _{IV}	T _V	T _{VI}	T _{VII}
	Дукант						Ангрен					
Q _{III}	0,45	0,02	-0,2	0,07	0,14	-0,1	0,52	0,01	-0,2	0,1	0,09	-0,1
Q _{IV}	0,42	0,39	-0,2	0,15	-0,1	0,21	0,44	0,42	-0,2	0,16	-0,1	0,2
Q _V	0,34	0,38	-0,3	0,17	0,31	0,3	0,25	0,34	-0,3	0,2	0,31	0,18
Q _{VI}	0,28	0,41	-0,4	0,17	0,28	-0	0,3	0,4	-0,4	0,21	0,27	-0,1
Q _{VII}	0,16	0,47	-0,2	0,27	0,44	-0	0,18	0,45	-0,2	0,33	0,43	-0,1
Q _{VIII}	0,17	0,33	-0,2	0,28	0,38	-0,3	0,23	0,37	-0,1	0,34	0,3	-0,3
Q _{IX}	0,08	0,51	-0,3	0,15	0,21	-0,1	0,08	0,58	-0,2	0,15	0,13	-0,1
IV-IX	0,39	0,51	-0,4	0,23	0,24	0,14	0,38	0,5	-0,3	0,27	0,24	0,06

2-жадвал

SCI, SCA ва Оҳангарон дарёси ўртача ойлик сув сарфлари ўртасидаги жуфт корреляция коэффициентлари

Таблица 2

Коэффициенты парной корреляции связей между SCI, SCA и среднемесячными расходами воды реки Ахангаран

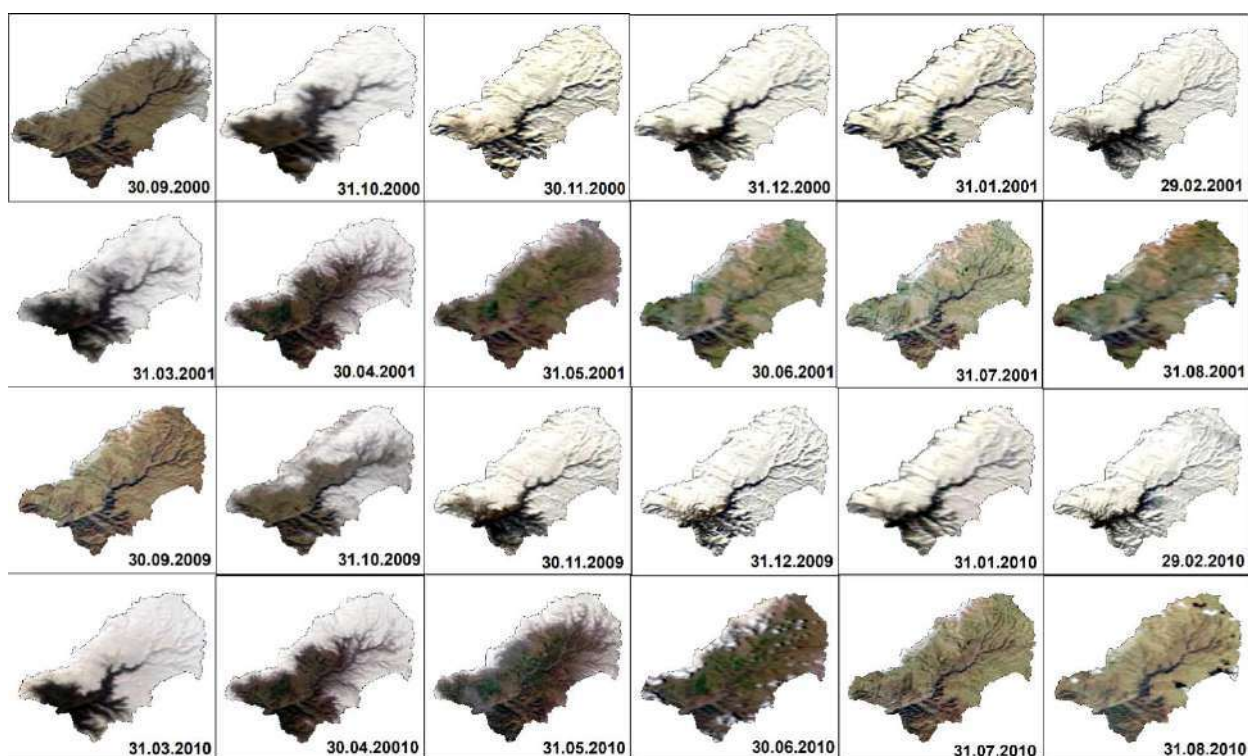
Table 2

Paired correlation coefficients between SCI, SCA and mean monthly water discharges of Akhangaran River

Ойлар		Баландлик зонаси, м					
		1192-1692	1692-2192	2192-2692	2692-3192	3192-3692	3692-4060
Апрель	Q _{IV} =f(SCA _{III})	-0,08	0,04	0,09	0,07	0,05	0,05
	Q _{IV} =f(SCI _{X-III})	0,09	0,18	0,24	0,31	0,35	0,39
Май	Q _V =f(SCA _{IV})	0,11	0,19	0,17	0,15	0,30	0,16
	Q _V =f(SCI _{X-IV})	0,10	0,13	0,12	0,05	0,01	-0,03
Июнь	Q _{VI} =f(SCA _V)	0,38	0,38	0,66	0,78	0,81	0,73
	Q _{VI} =f(SCI _{X-V})	0,24	0,23	0,33	0,41	0,38	0,21
Июль	Q _{VII} =f(SCA _{VI})	0,07	0,16	0,28	0,79	0,83	0,76
	Q _{VII} =f(SCI _{X-VI})	0,08	0,13	0,31	0,42	0,43	0,33
Август	Q _{VIII} =f(SCA _{VII})	0,03	0,16	0,65	0,45	0,81	0,79
	Q _{VIII} =f(SCI _{X-VI})	0,03	0,16	0,35	0,49	0,51	0,47
Сентябрь	Q _{IX} =f(SCA _{VIII})	-0,05	-0,26	-0,27	-0,33	-0,15	0,04
	Q _{IX} =f(SCI _{X-VI})	0,04	0,29	0,47	0,53	0,56	0,53
Веgetация даври	Q _{IV-XI} =f(SCA _{III})	0,03	0,12	0,04	-0,09	-0,15	-0,15
	Q _{IV-XI} =f(SCI _{X-III})	0,15	0,19	0,26	0,31	0,31	0,29

Дарё оқимини прогнозлашда аввалги ойлардаги ўртача сув сарфи маълумотларидан ҳам регрессия тенгламаларини тузишда фойдаланиш мумкин. Шу мақсадда ўртача ойлик сув сарфлари орасидаги жуфт корреляция коэффициентлари ҳам аниқланди (3-жадвал).

Эмпирик ифодалар ёрдамида (2-3 формулалар) дарё оқимининг қор қопламига боғлиқлиги текширилди ва жуфт корреляция коэффициентларининг юқори қийматлари танлаб олинди. Юқори жуфт корреляция коэффициентлари (1-3-жадваллар)дан фойдаланган ҳолда қор қоплами майдони ва қор қоплами индекси кўрсаткичлари асосида алоҳида прогнозлаш регрессия тенгламалари тузилди (4-жадвал). Прогнозлаш тенгламалари асосида ҳисобланган сув сарфлари амалда кузатилган сув сарфи маълумотлари билан текширилди (5-жадвал). Прогнозлаш усулининг самарадорлиги R (жуфт корреляция коэффициентлари), S/σ (самаралилик мезони), NSE (Nash Sutcliffe efficiency) каби мезонлар бўйича баҳоланди [Ярашев ва бошқ., 2022].



5-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзасида қор қоплами майдонининг кўп сувли (2001 йил) ва кам сувли (2010 йил) йилларда ойлар бўйича ўзгариши

Рис. 5. Изменение площади снежного покрова в бассейне реки Ахангаран по месяцам в многоводные (2001 г.) и маловодные (2010 г.) годы

Fig. 5. Changes in snow cover area in the Akhangaran River basin by months in high water (2001) and low water (2010) years

Прогнозлаш регрессия тенгламалари натижалари шуни кўрсатадики, Оҳангарон дарёсининг вегетация даври (апрель-сентябрь) оқими учун тузилган прогнозларда апрель-май ва июнь ойлари учун тузилган прогнозлар аниқлиги анча паст. Шунингдек, SCA фойдаланилган ҳолатларда прогнозларнинг самарадорлиги SCI қатнашган тенгламалардан кўра яхшироқлиги аниқланди. Июнь, июль, август ойлари учун тузилган прогнозларнинг аниқлик даражаси юқори. Бирок, бу даврда дарё ҳавзасининг фақатгина 3000 м ва ундан юқори қисмидагина 10-20% атрофида қор қоплами мавжуд бўлади. Оҳангарон дарёсида

тўлинсув даври апрель-июнь ойларига тўғри келишини ҳисобга оладиган бўлсак, бу дарё оқими прогнозлари бўйича янги тадқиқотлар ўтказишни талаб этади.

3-жадвал

Охангарон дарёси ўртача ойлик сув сарфлари орасидаги боғланишларнинг жуфт корреляция коэффициентлари

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции связей между среднемесячными расходами воды реки Ахангаран

Table 3

Paired correlation coefficients between mean monthly water discharges of Akhangaran River

	Q_{II}	Q_{III}	Q_{IV}	Q_V	Q_{VI}	Q_{VII}	Q_{VIII}	Q_{IX}	Q_{IV-IX}
Q_{II}	1	0,22	0,35	0,40	0,15	0,26	0,20	0,18	0,36
Q_{III}	0,22	1	0,30	0,30	0,58	0,60	0,58	0,35	0,52
Q_{IV}	0,35	0,30	1	0,45	0,52	0,45	0,46	0,39	0,78
Q_V	0,40	0,30	0,45	1	0,61	0,58	0,34	0,43	0,79
Q_{VI}	0,15	0,58	0,52	0,61	1	0,92	0,72	0,67	0,89
Q_{VII}	0,26	0,60	0,45	0,58	0,92	1	0,85	0,76	0,86
Q_{VIII}	0,20	0,58	0,46	0,34	0,72	0,85	1	0,80	0,71
Q_{IX}	0,18	0,35	0,39	0,43	0,67	0,76	0,80	1	0,68
Q_{IV-IX}	0,36	0,52	0,78	0,79	0,89	0,86	0,71	0,68	1

4-жадвал

Охангарон дарёси оқимини прогнозлаш регрессия тенгламалари

Таблица 4

Прогностические уравнения регрессии стока реки Ахангаран

Table 4

Regression equations for runoff forecasting of the Akhangaran River

Прогнозлаш регрессия тенгламалари	
$Q_{IV}=1,397SCI_{X-III(3692-4060)}+2,957Q_{II}+0,624T_{III}-82,3$	$Q_{IV}=0,247SCA_{III(2192-2692)}+2,452Q_{II}-0,401T_{III}+26,6$
$Q_V=0,261SCI_{X-IV(1692-2192)}+0,382Q_{IV}+0,727T_{III}+31,1$	$Q_V=2,991SCA_{IV(2692-3192)}+0,341Q_{IV}+0,688T_{III}-247,5$
$Q_{VI}=0,628SCI_{X-V(2692-3192)}+0,515Q_V+0,868T_{III}-50,4$	$Q_{VI}=0,543SCA_{V(3192-3692)}+0,296Q_V+1,925T_{III}-28,2$
$Q_{VII}=-0,013SCI_{X-V(3192-3692)}+0,484Q_{VI}+0,427T_{III}-3,63$	$Q_{VII}=0,127SCA_{VI(3192-3692)}+0,366Q_{VI}+0,533T_{III}-2,76$
$Q_{VIII}=0,077SCI_{X-VII(3192-3692)}+0,331Q_{VII}+0,142T_{III}-4,51$	$Q_{VIII}=0,683SCA_{VII(3192-3692)}+0,247Q_{VII}-0,01T_{III}-4,51$
$Q_{IX}=0,04SCI_{X-VIII(3192-3692)}+0,395Q_{VIII}-0,085T_{III}-0,61$	$Q_{IX}=0,056SCA_{VIII(3192-3692)}+0,241Q_{VIII}-0,054T_{III}+2,11$
$Q_{IV-IX}=0,235SCI_{X-III(2692-3192)}+0,787Q_{III}-1,729T_{III}+4,26$	$Q_{IV-IX}=-0,018SCA_{III(1692-2192)}+0,854Q_{III}-2,205T_{III}-25,5$

Хулоса. Охангарон дарёси хавзасининг ўртача баландлиги (Н=2515м) нисбатан паст бўлганлиги сабабли дарёнинг тўйинишида ёмғир сувларининг ҳиссаси анча катта. Шу туфайли, қор қоплами ва дарё оқими ўртасидаги корреляцион боғланишлар даражаси унча юқори эмас. Тадқиқотда ишлаб чиқилган прогнозлаш регрессия тенгламаларидан илмий ва амалий мақсадларда фойдаланиш мумкин. Дарё оқими бошқарувини оптималлаштиришда, хусусан, дарёда барпо этилган сув омборлари ва ГЭСлардан янада самарали фойдаланишни ташкил этишда прогнозларнинг аҳамияти жуда юқори.

Миннатдорчилик. Мазкур тадқиқот Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида амалга оширилаётган ИЛ-5721122065 «Сув ва қишлоқ хўжалигида мослашиш салоҳиятини ошириш учун Ўзбекистонда иқлим ўзгаришининг сув

ресурсларига таъсирини баҳолаш технологиясини ишлаб чиқиш» ва ИЗ-2020113030 “Ўзбекистонда стабил изотоплардан фойдаланиб сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини мониторинг қилиш бўйича дастурий маҳсулот яратиш” мавзусидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилди.

5-жадвал

MODSNOW маълумотлари асосида ҳисобланган қор қоплами индекси бўйича тузилган прогнозлар самарадорлиги

Таблица 5

Эффективность прогнозов на основе индекса снежного покрова, рассчитанного по данным MODSNOW

Table 5

The effectiveness of forecasts based on the snow cover index calculated by MODSNOW data

№	Ойлар	Параметр		Баландик зонаси, м	R	S/σ	NSE	Нисбий хатолиги, %	Оқлиниши, 2001-2021 йй. %
1	Апрель	$Q_{IV}=f(SCA_{III}, Q_{II}, T_{III})$	SCA	2192-2692	0,36	0,93	0,13	25,1	61,9
		$Q_{IV}=f(SCI_{X-III}, Q_{II}, T_{III})$	SCI	3692-4060	0,57	0,82	0,33	22,9	61,9
2	Май	$Q_{V}=f(SCA_{IV}, Q_{IV}, T_{III})$	SCA	2692-3192	0,48	0,87	0,23	17,0	57,1
		$Q_{V}=f(SCI_{X-IV}, Q_{IV}, T_{III})$	SCI	1692-2192	0,46	0,89	0,21	17,6	57,1
3	Июнь	$Q_{VI}=f(SCA_{V}, Q_{V}, T_{III})$	SCA	3192-3692	0,90	0,44	0,81	20,0	90,5
		$Q_{VI}=f(SCI_{X-V}, Q_{V}, T_{III})$	SCI	2692-3192	0,71	0,71	0,50	28,6	66,7
4	Июль	$Q_{VII}=f(SCA_{VI}, Q_{VI}, T_{III})$	SCA	3192-3692	0,94	0,35	0,88	22,2	100,0
		$Q_{VII}=f(SCI_{X-VI}, Q_{VI}, T_{III})$	SCI	3192-3692	0,92	0,38	0,85	24,0	95,2
5	Август	$Q_{VIII}=f(SCA_{VII}, Q_{VII}, T_{III})$	SCA	3192-3692	0,87	0,49	0,76	23,1	76,2
		$Q_{VIII}=f(SCI_{X-VII}, Q_{VII}, T_{III})$	SCI	3192-3692	0,86	0,50	0,75	26,2	76,2
6	Сентябрь	$Q_{IX}=f(SCA_{VIII}, Q_{VIII}, T_{III})$	SCA	3192-3692	0,87	0,50	0,75	21,3	81,0
		$Q_{IX}=f(SCI_{X-VIII}, Q_{VIII}, T_{III})$	SCI	3192-3692	0,82	0,57	0,67	23,8	81,0
7	Вегетация даври	$Q_{IV-XI}=f(SCA_{III}, Q_{III}, T_{III})$	SCA	1692-2192	0,63	0,78	0,40	17,5	85,7
		$Q_{IV-XI}=f(SCI_{X-III}, Q_{III}, T_{III})$	SCI	2692-3192	0,66	0,75	0,43	18,1	85,7

Изоҳ: R – жуфт корреляция коэффиценти, S/σ – самаралик мезони, NSE – Nash Sutcliffe efficiency.

Примечание: R – коэффициент парной корреляции, S/σ – критерий эффективности, NSE – Nash Sutcliffe efficiency.

Note: R – pair correlation coefficient, S/σ – efficiency criterion, NSE – Nash Sutcliffe efficiency.

Муаллифлар хиссаси. Б.Э. Нишонов: мақола ғояси, объектни танлаш, методология, мақолани таҳрир қилиш, раҳбарлик. **Д.М. Турғунов:** методология, маълумотларни қайта ишлаш, натижалар таҳлили. **Д.Ў. Ярашев:** маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш. **Ғ.Ў. Умирзақов:** маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш, натижалар таҳлили, мақолани таҳрир қилиш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тайёрланган матнини ўқиб чикдилар ва ўз розилиқларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Прогнозы стока горных рек. Текст лекций. – Л., Изд. ЛПИ. 1987. – 55 с.

Калашикова О.Ю., Гафуров А.А. Использование наземных и спутниковых данных о снежном покрове для прогноза стока реки Нарын // Лёд и Снег, 2017. № 4. – С. 507-517.

Калашикова О.Ю., Гафуров А.А., Оморова Э.А. Прогноз водности реки Нарын на месяцы вегетации на основе снимков MODIS // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2020. № 3. DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557

Нишонов Б.Э., Махмудов Ж.К., Мамараимов А.Ж. Иклим ўзгаришининг Охангарон дарёси ҳавзасидаги қор қоплами динамикасига таъсири // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги, 2022. №3. – Б. 75-82.

Ниязов Дж.Б., Калашикова О.Ю., Гафуров А.А. Методика прогноза водности высокогорных рек Центральной Азии на основе снимков MODIS // Центральноазиатский журнал исследований воды, 2020. № 6(2). – С. 26-37.

Шульц В.Л., Маиранов Р. Ўрта Осиё гидрографияси. – Тошкент: Ўқитувчи. 1969. – 327 б.

Ярашев Д.Ў., Гафуров А.А., Гафуров А.А., Умирзақов Ф.Ў. Қор қоплами мониторинги асосида Писком дарёси вегетация даври оқими прогнози // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги, 2022. № 3. – Б. 63-75.

World Meteorological Organization (WMO). State of the Climate in Asia 2021. (WMO-No. 1303). Geneva, 2022. – 40 p.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА МЕТОДОМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ АХАНГАРАН И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА

Б.Э. НИШОНОВ^{1,2}, Д.М. ТУРГУНОВ¹, Д.У. ЯРАШЕВ¹, Г.У. УМИРЗАКОВ²

¹Гидрометеорологический научно-исследовательский институт, bnishonov@mail.ru

²Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Аннотация. В статье изучена динамика снежного покрова в бассейне Ахангаран по данным дистанционного зондирования. Определены корреляции между индексами снежного покрова бассейна Ахангарана и речным стоком. На основе показателей индекса снежного покрова построены уравнения регрессии для прогнозирования и разработан прогноз стока реки Ахангаран на вегетационный период. Оправдываемость и эффективность прогнозов речного стока оценивались по различным принятым критериям.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, MODSNOW, снежный покров, индекс снежного покрова, вегетационный сток, река Ахангаран, прогноз стока рек, эффективность прогноза

STUDYING SNOW COVER DYNAMICS BY REMOTE SENSING IN THE AHANGARAN BASIN AND FORECASTING OF RIVER RUNOFF

B.E. NISHONOV^{1,2}, D.M. TURGUNOV¹, D.U. YARASHEV¹, G.U. UMIRZAKOV²

¹Hydrometeorological Research Institute, bnishonov@mail.ru

²National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Abstract. The article studies the dynamics of snow cover in the Akhangaran basin based on remote sensing data. Correlations between snow cover index and river runoff of Akhangaran basin were determined. Based on the indicators of the snow cover index, regression equations for forecasting were obtained and runoff forecast of the Akhangaran River for the growing season was developed. The validity and effectiveness of river runoff forecasts were evaluated according to various accepted criteria.

Keywords: remote sensing, MODSNOW, snow cover, snow cover index, vegetation runoff, Akhangaran River, river runoff forecast, forecast effectiveness

REFERENCES

Georgievskiy Yu.M., Shanochkin S.V. Prognozy stoka gornyx rek [Runoff forecasts of mountain rivers]. – L., Izd. LPI, 1987. – 55 s. (in Russian)

Kalashnikova O.Yu., Gafurov A.A. Ispolzovanie nazemnyx i sputnikovyx dannyx o snejnom pokrove dlya prognoza stoka reki Naryn [Water availability forecasting for Naryn River using ground-based and satellite snow cover data] // *Lyod i Sneg*, 2017. No. 4. – S. 507-517. (in Russian)

Kalashnikova O.Yu., Gafurov A.A., Omorova E.A. Prognoz vodnosti reki Naryn na mesyasy vegetatsii na osnove snimkov MODIS [Forecasting water availability of the Naryn River for the vegetation months based on MODIS images] // *Nauka, noviyе texnologii i innovatsii Kyrgyzstana*, 2020. No. 3. – S. 14-18. (in Russian)

Nishonov B.E., Makhmudov J.K., Mamaraimov A.J. Iqlim o'zgarishining Ohangaron daryosi havzasidagi qor qoplami dinamikasiga ta'siri [Impact of climate change on snow cover dynamics in the Akhangaran River basin] // *Gidrometeorologiya va atrof muhit monitoringi*, 2022. No. 3. – B. 75-82. (in Uzbek)

Niyazov D.B., Kalashnikova O.Yu., Gafurov A.A. Metodika prognoza vodnosti visokogornix rek Sentralnoy Azii na osnove snimkov MODIS [Methodology for forecasting the water availability of high-mountain rivers in Central Asia based on MODIS images] // *Sentralnoaziatskiy jurnal issledovaniy vodi*. 2020. No. 6(2). – S. 26-37. (in Russian)

Shuls V.L., Mashrapov R. O'rta Osiyo gidrografiyasi [Hydrography of Central Asia]. – Toshkent: O'qituvchi, 1969. – 327 b. (in Uzbek)

Yarashev D.O., G'afurov A.A., G'afurov A.A., Umirzoqov G'O. Qor qoplami monitoringi asosida Piskom daryosi vegetatsiya davri oqimini prognozlash. [Forecasting runoff of Pskem River for vegetation period based on snow cover monitoring] // *Gidrometeorologiya va atrof muhit monitoringi*, 2022. No.3. – B. 63-76. (in Uzbek)