

Kalashnikova O.Yu., Gafurov A.A., Omorova E.A. Prognoz vodnosti reki Naryn na mesyasy vegetatsii na osnove snimkov MODIS [MODIS snow cover for the forecasting water availability on the high water season of the Naryn river] // Nauka, novye tekhnologii i innovatsii Kyrgyzstana 2020 № 3. – S. 14-18. (in Russian)

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

Vaynovskiy P.A., Gustoev D.V. Statisticheskoe prognozirovanie gidrometeorologicheskix vremennyx ryadov. Uchebnyy praktikum [Statistical forecasting of hydrometeorological time series. Practicals], RGGMU – SPb., 2019. – 240 s. (in Russian)

УДК: 551.578

ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИНING ОҲАНГАРОН ДАРЁСИ ҲАВЗАСИДАГИ ҚОР ҚОПЛАМИ ДИНАМИКАСИГА ТАЪСИРИ

Б.Э. НИШОНОВ¹, Ж.К. МАХМУДОВ^{1*}, А.Ж. МАМАРАИМОВ¹

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, jahongirmahmud@mail.ru

Аннотация: Мақолада Оҳангарон дарё ҳавзасининг тоғли қисмида метеорологик кўрсаткичлар ва қор қоплами ўзгаришлари динамикаси таҳлил қилинган. Ҳавзадаги Дуқант метеорология станцияси ва Қамчиқ қор кўчки станцияларининг 1991-2020 йиллардаги маълумотлари таҳлили натижасида ўртача йиллик ҳаво ҳароратининг кўтарилаётганлиги ва ёгинлар миқдорининг камаётганлиги аниқланган. Ҳавзанинг тоғли қисмида қор қопламли кунларнинг камайиб бораётганлиги кузатишмоқда. MODIS сунъий йўлдоши маълумотларини MODSNOW-Tool дастурида қайта ишлаш асосида 2000-2020 йилларда 31 март ҳолатига қор қоплами майдонининг ўзгаришлари кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: қор қоплами, ҳаво ҳарорати, ёгинлар миқдори, иқлим ўзгариши, MODIS, MODSNOW, Оҳангарон дарёси, дарё ҳавзаси.

Кириш. Дунёда дарёлар сув оқимининг ҳосил бўлишида мавсумий қор қопламининг аҳамияти катта. Замонавий иқлим ўзгариши шароитида сўнгги ўн йилликда бутун Евросиё бўйлаб қор қопламининг майдонлари ва қор билан қопланганлик даврининг давомийлиги сезиларли даражада қисқармоқда [Второй..., 2014]. Шу сабабли, дунёда қор қоплами динамикасини ўрганиш, қор қоплами майдонини ҳисоблаш усулларини такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. Жумладан, чет эллик А.В.Погорелов (2001), W.Immerzeel et al. (2010), J.Adam et al. (2009), I.D.Dobrev (2011); A.G.Klein (2011), С.Е.Woodcock (2014), W.W.Immerzeel et al. (2010) ва бошқа тадқиқотчилар томонидан иқлим ўзгариши шароитида қор қоплами динамикасининг ўзгаришларини турли ҳавзалар мисолида ўрганилган.

Маълумки, Ўзбекистон ва унга туташ бўлган тоғли ҳудудларда шаклланадиган дарёларнинг асосий сув манбаи қорларнинг эриши ҳисобланади. Ўрта Осиё тоғ дарё ҳавзалари мисолида қор қоплами динамикаси ўзгаришини тадқиқ этишни такомиллаштириш масалалари ўтган асрнинг 70-90-йилларида Г.Е.Глазырин, Б.К.Царёв, М.И.Геткер, В.Н.Шамсутдинов, Е.Г.Какурина, Ф.И.Перцигер ва бошқа олимлар томонидан ўрганилган. Сўнгги йилларда Ўрта Осиё минтақасида қор қопламини сунъий йўлдош ёрдамида масофадан зондашда MODSNOW дастуридан фойдаланишга катта эътибор берилмоқда [Mamaraimov et al., 2022]. Юқорида келтирилган тадқиқотларда Оҳангарон дарё ҳавзасида иқлим ўзгариши шароитида қор қопламининг ўзгариш динамикаси ўрганилмаган.

* Масъул муаллиф: jahongirmahmud@mail.ru, тел.: +998 94 620-86-08

Оҳангарон дарёси Тошкент вилоятининг Оҳангарон, Пискент, Бўка, Қуйи Чирчик, Оккўрғон туманларининг саноат корхоналари, қишлоқ хўжалиги ерлари ҳамда аҳолини сув таъминотида муҳим ҳисобланади [Ҳасанов, Фуломов, 2007]. Қор қопламининг эриган сувлари Ўрта Осиёнинг қурғоқчил ҳудудларида дарё оқимининг шаклланишининг муҳим таркибий қисми бўлиб, Тяньшан тоғ тизмаларида шаклланган қор жами дарёлар оқимининг 60% ини таъминлайди [Айзен и др., 1995]. Қор қоплами баҳорги тошқинларга, дарёлар гидрологик режимига, тупроқ қопламининг термал хусусиятларига ва намлигига бевосита таъсир кўрсатади [Singh et al., 1997]. Қор қоплами динамикасини ўрганиш сув ресурсларини прогнозлаш, бошқариш ва фойдаланишда муҳим аҳамиятга эга. Дарё ҳавзаларидаги қор захиралари қор қопламининг майдони ва қор баландлигининг турличалиги билан тавсифланади. Ҳароратнинг кўтарилиши тоғли зонадаги қор захираларининг шаклланиши учун шароитларни ёмонлаштиради ва уларнинг камайишига олиб келади. Сўнгги йилларда тоғларда қор қоплами, мавсумий қор чизиклари юқори баландликларга силжимокда, қор қопламли кунлар сони камаймоқда. Юқоридагиларни эътиборга олган ҳолда, иқлим ўзгаришининг қор қоплами динамикасига таъсирини баҳолаш **долзарб** ҳисобланади.

Тадқиқотнинг **мақсади** Ўзбекистонда қор қопламининг динамикасига глобал иқлим ўзгаришининг таъсирини баҳолашдан иборат. Тадқиқот **объекти** сифатида Оҳангарон дарёси ҳавзаси танлаб олинди.

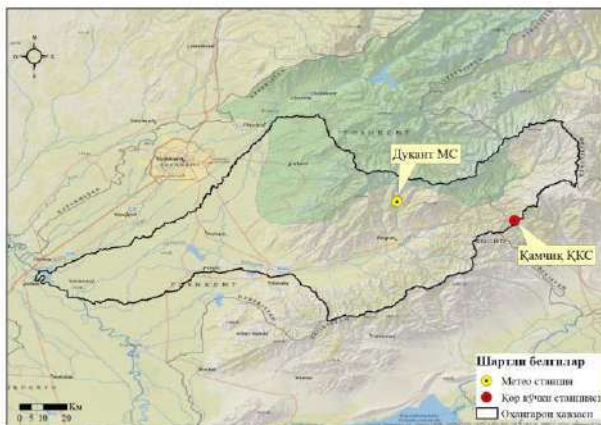
Тадқиқот ишида қуйидаги вазифалар амалга оширилди: 1) рақамли баландлик модели (DEM) маълумотлари асосида ГАТ дастури ёрдамида ўрганилаётган ҳудуднинг чегарасини аниқлаш; 2) Дукант метеостанцияси ва Қамчик қор кўчки станциялари маълумотлари асосида ҳавзада сўнгги ўттиз йиллик иқлим маълумотларини таҳлил қилиш; 3) ушбу маълумотлар асосида ҳавзада иқлим (метеорологик) факторларининг қор қоплами динамикасига таъсирини аниқлаш.

Тадқиқот ишида Оҳангарон ҳавзасида жойлашган метеостанциялар маълумотлари бўйича ўртача ойлик ҳаво ҳарорати, ёғинлар миқдори, қор қоплами давомийлиги каби кўрсаткичларнинг ўзгаришлари таҳлил қилинди. Ҳавзанинг қор қоплами майдонининг динамик ўзгариши масофадан зондлаш (MODIS) маълумотлари асосида ўрганилди. MODIS маълумотларига MODSNOW дастурида ёрдамида қайта ишлов берилиб, ГАТ дастури қўлланилган ҳолда ҳавзанинг кунлик қор қоплами ҳолати бўйича хариталар тайёрланди. Шунингдек, метеостанцияларда ҳаво ҳароратлари ва ёғин миқдорлари орасидаги боғланишлар Пирсон корреляция коэффициенти бўйича ҳисобланди:

$$r_p = \frac{cov}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

бу ерда x , y – ўзгарувчилар, \bar{x} , \bar{y} – ўзгарувчиларнинг ўртача арифметик қийматлари, cov – ковариация коэффициенти, σ_x ва σ_y – x ва y ўзгарувчиларининг ўртача квадрат четланишлари.

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Оҳангарон дарёси ҳавзаси географик жойлашувига кўра республикамизнинг шимолий-шарқида, ғарбий Тяньшан тоғ тизмаларининг давоми ҳисобланган Чотқол ва Қурама тоғ тизмаларида жойлашган (1-расм). Ҳавзанинг тоғли қисмида метеорологик кузатишлар олиб бориладиган иккита метеостанция – Дукант метеостанцияси ва Қамчик қор кўчки станцияси мавжуд. Ушбу станциялар маълумотлари асосида ҳавзанинг тоғли қисмидаги метеорологик кўрсаткичларнинг ўзгаришларини кўпйиллик маълумотлар асосида таҳлил қилиш мумкин.



1-расм. Оҳангарон дарёси ҳавзаси ва метеостанциялар жойлашуви

Рис. 1. Бассейн реки Ахангаран и местоположение метеостанций

Fig. 1. Akhangaran River basin and location of meteostations

Иқлим ўзгариши тоғли ҳудудларда мавсумий қор қопламнинг давомийлиги ва қор миқдорига сезиларли таъсир кўрсатади. Тадқиқ этилаётган ҳудудда кўпйиллик маълумотлар асосида барқарор қор қоплами давомийлиги, ҳаво ҳарорати ва ёғингарчилик миқдорининг ўзгаришларини таҳлил қилиш иқлим ўзгаришининг қор қоплами динамикасига таъсирини баҳолашга имкон беради.

Тоғларда ер юзасига яқин бўлган атмосфера босими текисликларга қараганда паст, ҳаво зичлиги эса камроқ, мутлақ баландлик ортиши билан ер юзасига яқин ҳаво ҳарорати пасаяди, ёғингарчилик миқдори ортиб эса боради. Таҳлилларга кўра, сўнгги 30 йилда (1991-2020 йй.) ўртача йиллик ҳаво ҳарорати Қамчиқ довоида $6,2^{\circ}\text{C}$, Дуқантда $8,4^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этган. Мазкур даврда энг юқори ўртача йиллик ҳаво ҳарорати 2016 йилда Қамчиқда $7,2^{\circ}\text{C}$, Дуқантда $9,6^{\circ}\text{C}$ бўлган. Энг паст ўртача йиллик ҳаво ҳарорати 1993 йилда Қамчиқда $4,7^{\circ}\text{C}$, Дуқантда $6,9^{\circ}\text{C}$ кузатишган. Қор қоплами кузатиладиган мавсум (октябрь-март) учун ҳавзадаги сўнгги 30 йил учун кўпйиллик ойлик ўртача, максимал ва минимал ҳаво ҳароратлари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Қамчиқ ҚКС ва Дуқант МСда октябрь-март (X-III) ойларида кузатишган ўртача ойлик ҳаво ҳароратлари, $^{\circ}\text{C}$ (1991-2020 йй.)

Таблица 1

Среднемесячная температура на СЛС Камчик и МС Дуқант, наблюденная в октябре-марте (X-III) (1991-2020 гг.)

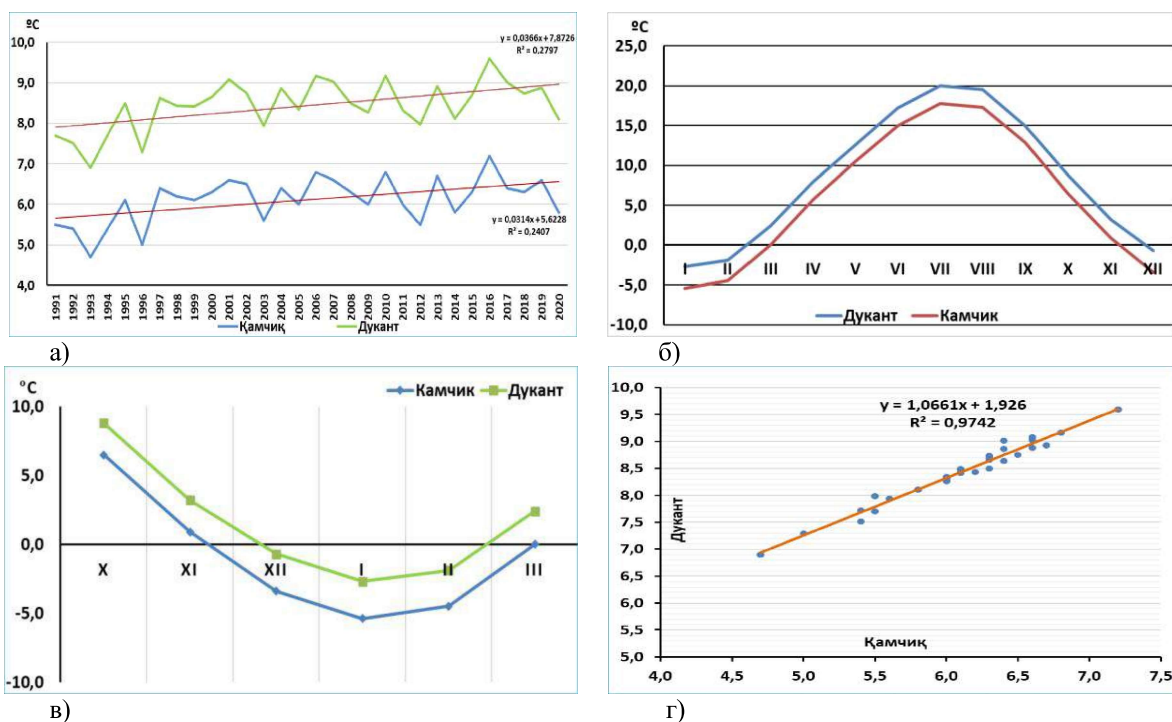
Table 1

Average monthly temperature at Kamchik AS and Dukant MS observed in October-March (X-III), $^{\circ}\text{C}$ (1991-2020)

Станция	X	XI	XII	I	II	III	Мин.	Макс.	Ўртача
Қамчиқ	+6,5	+0,9	-3,4	-5,4	-4,5	0,0	-5,4	+6,5	-1,0
Дуқант	+8,8	+3,2	-0,7	-2,7	-1,9	2,4	-2,7	+8,8	+1,5

Метеорологик ва иқлимий хусусиятларига кўра тоғлар кўп жихатдан текисликлардан фарқ қилади. Тадқиқ этилаётган Оҳангарон дарё ҳавзасининг тоғли қисмида сўнгги ўттиз йилликда (1991-2020 йй.) ўртача йиллик ҳаво ҳарорати кўтарилаётганлиги кузатишмоқда (2-расм).

Тадқиқот ишида ҳавзага ёққан ёгинлар миқдорларининг сўнги ўттиз йилликда ўзгаришлари ўнйилликлар бўйича таҳлил қилинди. Биринчи ўнйилликда (1991-2000 йй.) турли йилларда йиллик ёгинлар миқдорини кескин ортиши ва камайиши кузатилган; иккинчи ўнйилликда (2001-2010 йй.) ёгинлар миқдорини кескин ўзгаришларсиз камайиши кузатилган; учинчи ўнйилликда (2011-2020 йй.) ёгинлар миқдорининг камайиши давом этган (3а-расм). Таҳлил этилаётган йилларда Қамчиқ қор кўчки станциясида энг кўп йиллик ёгинлар миқдори 1110 мм (1993 йй.), энг кам йиллик ёгинлар 374,5 мм (1995 йй.) қайд этилган. Дукант метеостанциясида энг кўп йиллик ёгинлар 1482,1 мм (1998 йй.), энг кам йиллик ёгинлар 509,7 мм (1995 йй.) миқдорда кузатилган. Умуман олганда, иқлим ўзгариши шароитида тадқиқ этилаётган ҳудудда йиллик ёгинлар миқдорининг камайиб бораётганлиги аниқланди.



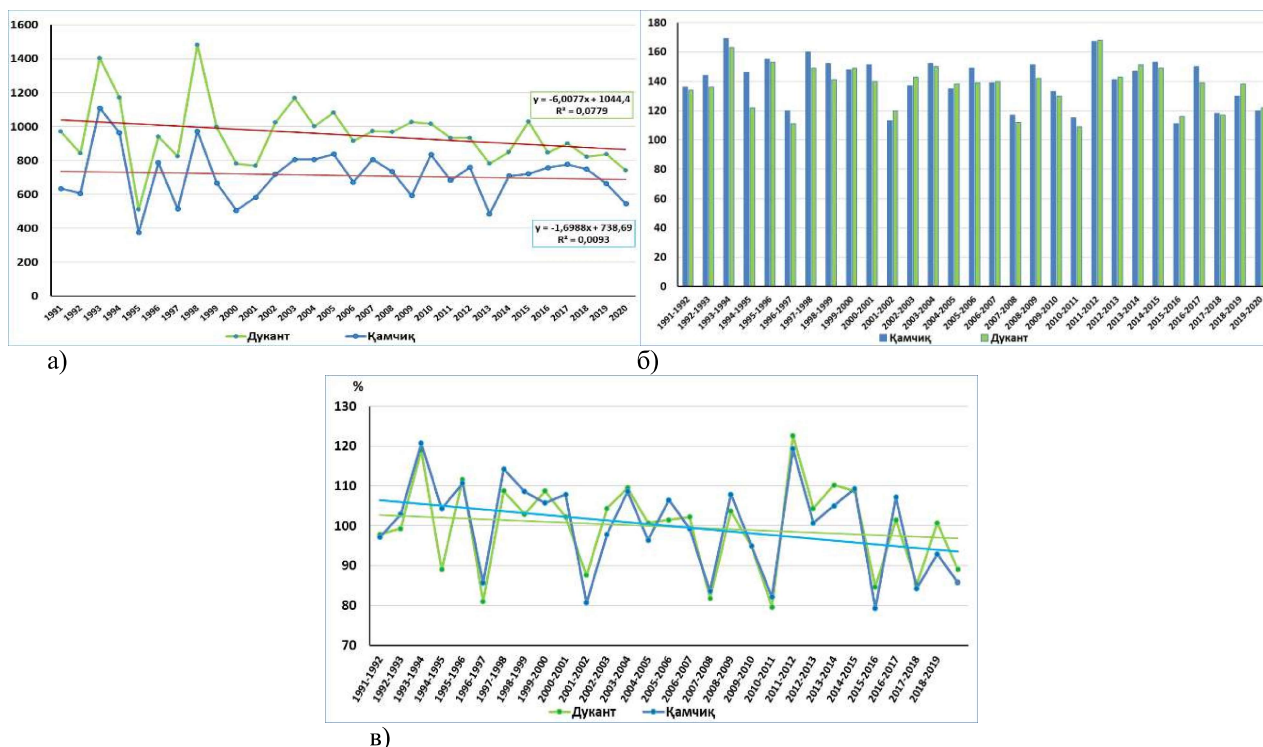
2-расм. Қамчиқ ҚКС ва Дукант МСда: а) ўртача йиллик ҳаво ҳарорати, б) ўртача ойлик ҳаво ҳарорати, в) қиш мавсуми учун ўртача ойлик ҳаво ҳарорати, г) кўп йиллик ўртача ҳаво ҳароратлари орасидаги боғлиқлик (1991-2020 йй.)

Рис. 2. На Камчик СЛС и Дукант МС: а) среднегодовые температуры воздуха, б) среднемесячные температуры воздуха, в) среднемесячные температуры воздуха за зимний период, г) взаимосвязь среднегодовых температур воздуха (1991-2020 гг.)

Fig. 2. At Kamchik AS and Dukant MS: a) average annual air temperatures, b) average monthly air temperatures, v) average monthly air temperatures for the winter season, g) correlation of average annual air temperatures (1991-2020)

Ўзгарувчан иқлим шароитида дарёлар оқимини шаклланиш зонасида қор қопламнинг давомийлигини таҳлил қилиш ҳавзада сув ресурсларини ўзгаришлари тенденцияларини аниқлашга имкон беради. Қор қопламнинг давомийлиги тоғ ёнбағирларининг экспозицияси ва денгиз сатҳидан баландлигига муайян даражада боғлиқ. Қор қопламнинг максимал давомийлиги Қамчиқ ҚКСда 169 кунни (1993-1994 йй. мавсумида), Дукант МСда 168 кунни (2011-2012 йй. мавсумида) ташкил этган.

Энг минимал давомийлик Қамчиқ ҚКСда 111 кун (2015-2016 йй.), Дукант МСда 109 кун (2010-2011 йй.) бўлган (3б-расм).



3-расм. Оҳангарон ҳавзасида 1991–2020 гидрологик йиллар давомида

а) йиллик ёғин миқдори, б) барқарор қор қоплами кунларининг давомийлиги, ва в) унинг фоизларда ўзгариши

Рис. 3. В бассейне реки Ахангаран за 1991–2020 гидрологические годы

а) годовое количество осадков, б) продолжительность дней с устойчивым снежным покровом, и в) его изменение в процентах

Fig. 3. In Akhangaran River basin during 1991–2020 hydrological years

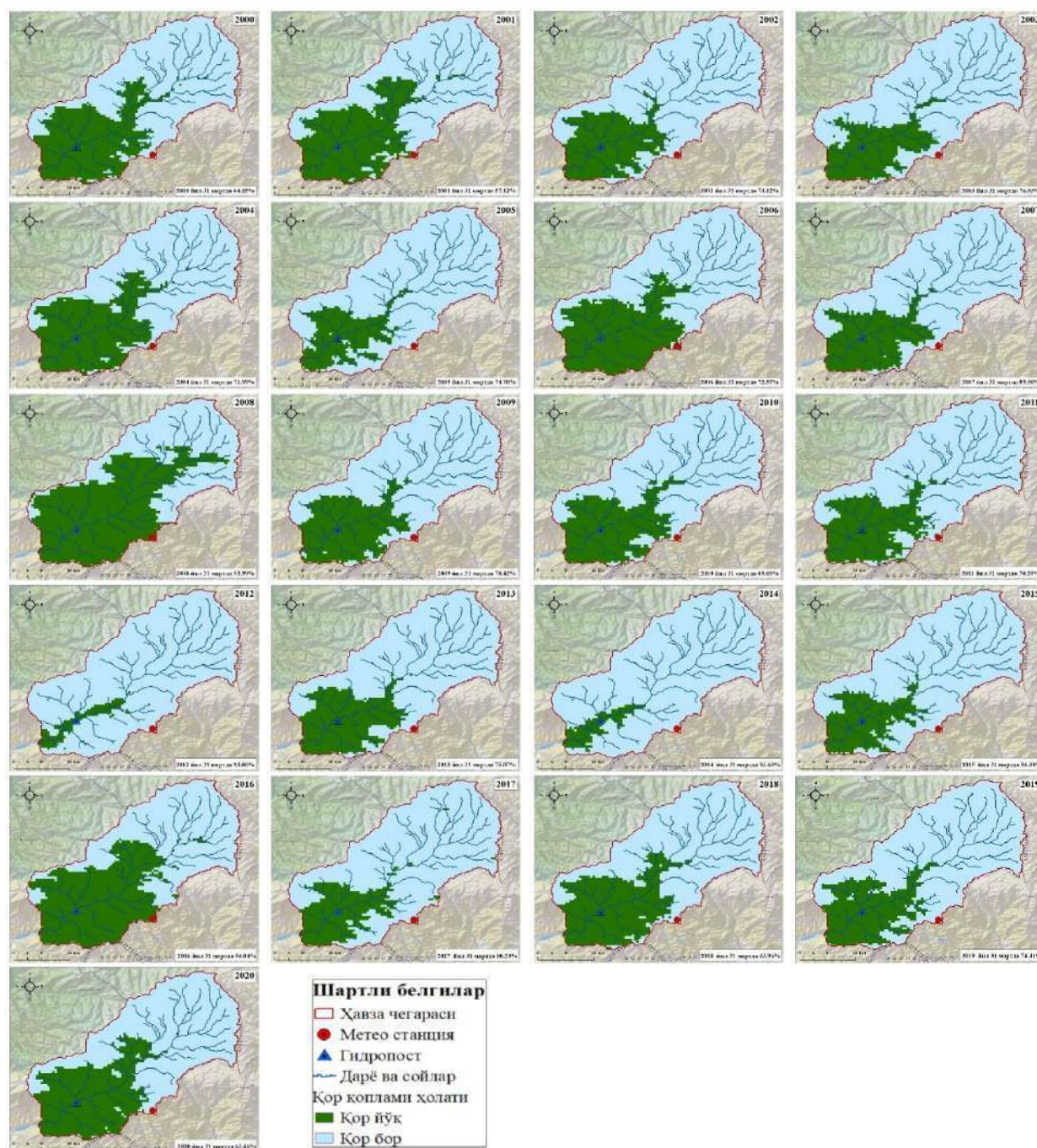
а) annual precipitation amount, б) duration of days with stable snow cover, and в) its change in percentage

Бугунги кунда дунё амалиётида қўлланилаётган сунъий йўлдош маълумотлари орқали қор қоплами майдони ҳақидаги маълумотларни олиш мумкин. MODIS сунъий йўлдоши кунлик қор маълумотларини тақдим этади. Қор қопламининг майдонини ҳисоблаш учун MODSNOW-Tool дастурида қайта ишланган MODIS тасвирларидан фойдаланиш мумкин, бу дастур сунъий йўлдош тасвирларидаги булут қопламини олиб ташлаш имконини беради [Gafurov, Bárdossy, 2009].

MODSNOW-Tool дастурида булутни олиб ташлашнинг аниқлиги 94% ни ташкил қилади [Gafurov et al., 2016]. MODIS сунъий йўлдоши суратларидан олинган қор қоплами ҳақидаги маълумотларнинг ердаги кузатишлар маълумотларга нисбатан аниқлиги Марказий Осиё учун 93% ни ташкил қилади [Gafurov et al., 2013]. Қор қоплами мониторингини олиб боришда кунлик қор маълумотларининг мавжудлиги муҳим аҳамиятга эга. Тадқиқот ишида масофадан зондлаш маълумотларига MODSNOW дастури ёрдамида қайта ишлов берилиб, Оҳангарон дарёси ҳавзасининг юқори – оқим шаклланиш зонасида 31 март ҳолатига кўп йиллик (2000–2020 йй.) қор қоплами хариталари яратилди (4-расм).

Ушбу хариталар асосида ҳавза майдонининг қор билан қопланганлиги таҳлил

килинди. Бунда, кўк ранг қор билан қопланган майдон ва яшил ранг қорсиз ҳудудларни билдиради. Тасвирлар таҳлили 2012 ва 2014 йилларда ҳавзада қор қоплами майдони энг катта, 2008 ва 2016 йилларда эса энг кичик бўлганлигини кўрсатди, бунда 2012 йил 31 март ҳолатига қор қоплами майдони ўрганилаётган ҳудуднинг 93,8 % ини, 2008 йилда эса 53,9 % ини ташкил этган (4-расм).



4-расм. Оҳангарон дарё ҳавзасида 31 март ҳолатига қор қопламининг ўзгариши (2000-2020 йй.)

Рис. 4. Изменение снежного покрова в бассейне реки Ахангаран по состоянию на 31 марта (2000-2020 гг.)

Fig. 4. Changes in snow cover in the Akhangaran River basin as of March 31 (2000-2020)

Хулоса. Тадқиқот ишида метеорологик кўрсаткичлар ва қор қопламини таҳлили асосида қуйидагилар аниқланди.

1. Оҳангарон дарё хавзаси тоғли қисмидаги метеостанциялар маълумотларига кўра ўртача йиллик ҳароратлар кўтарилиб бормоқда.

2. Тадқиқ этилаётган ҳудудда ўртача йиллик ҳароратлар кўтарилиб бориш шароитида йиллик ёғинлар миқдори камаймоқда.

3. Оҳангарон дарёси хавзасининг юқори – оқим шаклланиш зонасида барқарор қор қопламини кунларининг давомийлиги сўнги 30 йил давомида асосий камайиб бориш тенденцияси охириги ўн йилликда жадаллашган.

4. MODIS сунъий йўлдоши маълумотларини MODSNOW-Tool дастурида қайта ишлаш натижаларига кўра хавзада 31 март ҳолатига қор қопламини майдонининг 70% дан кам ҳолатлари 2010 (69,69%), 2016 (54,94%), 2018 (63,96%) ва 2020 (63,46%) йилларда кузатилган. Ушбу натижалар асосида охириги ўн йилликда хавзада қор қопламини майдонининг кўпроқ қисқарганлигини кўриш мумкин. Бу ўз навбатида дарёнинг вегетация давридаги оқимига таъсир кўрсатган.

Қор қопламини масофадан зондлаш ёрдамида ўрганиш асосида Оҳангарон дарёси оқимини прогнозлаш кейинги тадқиқотларда кўриб чиқилади.

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» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Муаллифлар ҳиссаси. **Б.Э. Нишонов:** мақола ғояси, методология, матнни таҳрир қилиш, раҳбарлик. **Ж.К. Махмудов:** объектни танлаш, маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш. **А.Ж. Мамараимов:** маълумотларни қайта ишлаш, хариталарни яратиш. Барча муаллифлар кўлёманинг наشرга тайёрланган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилиқларини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Айзен В.Б., Айзен Е.М., Мелак Ж.А. Климат, снежный покров, ледники и сток в Тянь-Шане // Бюл. водных ресурсов. 1995. № 31 (6). – С. 1113–1129.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Г.В. Алексеев, М.Д. Ананичева, О.А. Анисимов и др. – М.: Росгидромет, 2014. – 93 с.

Ҳасанов И.А., Фуломов П.Н. Ўзбекистон табиий географияси. – Тошкент: Ўқитувчи, 2007. – 162 б.

Gafurov A., Bárdossy A. Cloud removal methodology from MODIS snow cover products // Hydrology and Earth System Sciences. 2009. P. 1361–1373. Doi: 10.5194/hess-13-1361-2009.

Gafurov A., Kriegel D., Vorogushyn S., Merz B. Evaluation of remotely sensed snow cover product in Central Asia // Hydrology Research. 2013, 44: 506–522. Doi: 10.2166/nh.2012.094.

Gafurov A., Lüdtke S., Unger-Shayesteh K., Vorogushyn S., Schöne T., Schmidt S., Kalashnikova O., Merz B. MODSNOW-Tool: an operational tool for daily snow cover monitoring using MODIS data // Environmental Earth Science. 2016. № 75. - P. 1078. Doi: 10.1007/s12665-016-5869-x.

Mamaraimov A.J., Nishonov B.E., Gafurov A.A., Gafurov A.A., Adkhamov U.B. Using remote sensing data to study the seasonal dynamics of snowline in the Pskem River basin // Hydrometeorology and Environmental Monitoring. 2021, No. 3. – PP. 45-56.

Singh P., Spitzbart G., Hübl H., Weinmeister H.W. Hydrological response of snowpack under rain-on-snow events: a field study // Journ. Of Hydrology. 1997. V.202.

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ДИНАМИКУ СНЕЖНОГО
ПОКРОВА В БАССЕЙНЕ РЕКИ АХАНГАРАН****Б.Э. НИШОНОВ¹, Ж.К. МАХМУДОВ¹, А.Ж. МАМАРАИМОВ²**¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, jahongirmahmud@mail.ru

Аннотация: В статье анализирована динамика изменения метеорологических показателей и снежного покрова на горной части бассейна реки Ахангаран. В результате анализа данных метеорологической станции Дукант и снежолавинной станции Камчик, расположенных в бассейне за 1991-2020 гг. выявлено повышение среднегодовых температур и уменьшение количества осадков. Наблюдается уменьшение дней со снежным покровом на горной части бассейна. На основе обработки спутниковых снимков MODIS программой MODSNOW-Tool определены изменения площади снежного покрова по состоянию на 31 марта за 2000-2020 годы.

Ключевые слова: снежный покров, температура воздуха, количества осадков, изменение климата, MODIS, MODSNOW, река Ахангаран, бассейн реки.

**IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SNOW COVER DYNAMICS
IN THE AKHANGARAN RIVER BASIN****B.E. NISHONOV¹, J.K. MAKHMUDOV¹, A.J. MAMARAIMOV¹**¹ Hydrometeorological Research Institute, jahongirmahmud@mail.ru

Abstract: The article analyzed the dynamics of changes in meteorological parameters and snow cover on the mountainous part of the Ahangaran river basin. The analysis of data from the Dukant meteorological station and the Kamchik avalanche station located in the basin for 1991-2020 revealed an increase of average annual temperatures and a decrease of precipitation. A decrease in days with snow cover on the mountainous part of the basin is observed. Based on the processing of MODIS satellite images by the MODSNOW-Tool program, changes in the snow cover area as of March 31 for 2000-2020 are determined.

Keywords: snow cover, air temperature, rainfall, climate change, MODIS, MODSNOW, Ahangaran river, river basin.

REFERENCES

Ayzen V.B., Ayzen E.M., Mekak Dj.A. Klimat, snejniy pokrov, ledniki i stok v Tyanshane [Climate, snow cover, glaciers and runoff in Tien Shan] // Byulliten Water resources. 1995. No. 31 (6). – S. 1113–1129. (in Russian)

Vtoroy otsenochniy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossiyskoy Federatsii [Roshydromet's Second Assessment Report on Climate Change and Its Consequences in the Russian Federation] / G.V.Alekseev, M.D.Ananicheva, O.A.Anisimov i dr. – M.: Rosgidromet, 2014. – 93 s. (in Russian)

Khasanov I.A., Gulamov P.N. Ozbekiston tabiiy geografiyasi [Physical geography of Uzbekistan]. – Toshkent: O'qituvchi, 2007. – 162 b. (in Uzbek)