

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ХИЗМАТИ АГЕНТЛИГИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ВА АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ

ИЛМИЙ ЖУРНАЛ

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ
И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING**

SCIENTIFIC JOURNAL

№4

2024

ISSN 2181-1261

REFERENCES

Arushanov M.L., Nishonov B.E., Shardakova L.Yu. Diagnostika pilnikh bur po dannym AVHRR NOAA [Diagnostics of dust storms based on AVHRR NOAA data] // *Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi*, No. 3. – 2022. – S. 83-90. (in Russian)

Arushanov M.L., Umerov H.U., Shardakova L.Yu. Kolichesnennaya ocenka aerzolnoy opticheskoy tolscheny po dannym sputnikovyh snimkov yarkostnoq temperatury [Quantitative assessment of aerosol optical thickness based on satellite images of brightness temperature] // *Gidrometeorologiya i monitoring okrujayushey sredi*, No. 2. – 2024. – S. 19-27. (in Russian)

Arushanov M.L. Prostaya model geograficheskoy privyazki skanernyh snimkov malogo razresheniya, obespechivayusheaya visokuyu tochnost [A simple model for georeferencing low-resolution scanner images providing high accuracy] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, No. 3. – 1994. – S. 41-46. (in Russian)

ENVI 5.1. Rukovodstvo polzovatelya [User's Guide]. – M.: Sovzond, 2014. – 242 s. (in Russian)

Rosenfeld A. Raspoznavanie i obrabotka izobrajeniy [Image recognition and processing]. – M.: Mir, 1972. – 232 s. (in Russian)

УДК: 551.48

ҚУРҒОҚЧИЛИК ИНДЕКСЛАРИНИ ҲИСОБЛАШДА ХАЛҚАРО МАЪЛУМОТЛАР БАЪЗАСИДАН ФЙДАЛАНИШ ИМКОНИАТЛАРИ

Н.О. ОМОНОВ^{1*}, Ғ.Ў. УМИРЗАҚОВ^{1,2}, К.Р. РАҲМОНОВ²

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, oomonov506@gmail.com, g.umirzakov@gmail.com

² Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, k.rahmonov@nuu.uz

Аннотация. Мазкур мақола Писком дарёси ҳавзасида қурғоқчилик индексларини аниқлашга бағишланган бўлиб, унда Иқлимий тадқиқотлар бўлими (Climatic Research Unit - CRU) маълумотлар базасидан фойдаланилган. Тадқиқотда дастлаб CRU маълумотларининг ишончилигини баҳолаш мақсадида, уларни метеорология станциялари кузатув маълумотлари билан таққослаш ишлари амалга оширилди. Ушбу таққослаш натижасида икки хил усулда аниқланган метеорологик маълумотлар ўртасидаги фарқлар ва ўзаро боғлиқлик даражаси аниқланиб, таҳлил қилинган.

Географик ахборот тизимлари (ГАТ) ёрдамида Писком дарёси ҳавзасининг чегаралари аниқланган ва ҳавзани тўлиқ қамраб олувчи CRU маълумотлари йиғилган. Ушбу маълумотлар асосида қурғоқчилик индекслари ҳисобланиб, статистик таҳлиллар амалга оширилган. Атмосфера ёгинлари ва дарё оқими ўртасидаги статистик боғланишлар асосида қурғоқчиликни прогнослаш имкониятлари ўрганилди. Прогноз сифатини аниқлаш учун Hit Score индексидан фойдаланилди.

Тадқиқот натижалари CRU маълумотлар базасининг қурғоқчилик таҳлили ва бошқа иқлимий тадқиқотлар учун юқори даражада самарали эканлигини тасдиқлайди. Айниқса, метеорология станциялари мавжуд бўлмаган ҳудудларда ёки кузатув маълумотларида узиллишлар кузатишганда, CRU маълумотларидан фойдаланган ҳолда маълумотларни тиклаш ва узайтириш мумкинлиги очиб берилди. Ушбу усул дарё ҳавзасидаги иқлим ўзгаришлари ва сув ресурсларини мониторинг қилишни янада такомиллаштириш имконини беради.

Калит сўзлар: дарё, дарё ҳавзаси, атмосфера ёгинлари, дарё оқими, CRU, SPI ва SSI қурғоқчилик индекслари, статистик боғланиш, Hit Score, Пирсон ва Спирман корреляция коэффициентлари.

* Масъул муаллиф: oomonov506@gmail.com, тел.: +998 90 958-39-30

Кириш. Қурғоқчилик глобал иқлим ўзгаришининг энг муҳим ва мураккаб ҳодисаларидан бири бўлиб, у метеорологик ва гидрологик тизимларга сезиларли таъсир кўрсатади. Ушбу ҳодисанинг турли шакллари аниқлаш ва прогнозлаш илмий тадқиқотларида долзарб йўналишлардан бири ҳисобланади. Хусусан, гидрологик қурғоқчилик сув ресурсларининг камайиши билан боғлиқ бўлиб, унинг шаклланиш жараёни метеорологик омиллар билан узвий алоқадордир. Шу сабабли, гидрологик қурғоқчиликни баҳолашда метеорологик параметрлар ва уларнинг динамикасини чуқур таҳлил қилиш зарур. Бу жараёнда узоқ муддатли иқлим маълумотларидан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади. Илмий изланишларнинг самарадорлигини оширишда халқаро маълумотлар базаларининг яратилиши муҳим рол ўйнамоқда. Халқаро миқёсда яратилган маълумотлар базалари орасида Буюк Британиянинг Шарқий Англия университети томонидан ишлаб чиқилган Climatic Research Unit (CRU) базаси алоҳида ўрин тутаяди. CRU базаси метеорологик кузатувлар етишмовчилигини қисман бартараф этишда ҳамда илмий тадқиқотлар учун ишончли маълумот манбаи сифатида қўлланилиши мумкин. Мазкур маълумотлар базаси глобал ва регионал миқёсда юқори аниқликдаги даража тўрли иқлим маълумотларини тақдим этиб, қурғоқчилик жараёнларини ўрганиш ва прогноз қилиш учун муҳим манба ҳисобланади [Harris et al., 2020]. CRU маълумотлар базаси 1901 йилдан бошлаб ҳозирги кунгача бўлган вақт оралиғида ҳаво ҳарорати, атмосфера ёғинлари, буғланиш ва бошқа иқлим параметрларини ўз ичига олади [Mitchell and Jones, 2005]. Шу боисдан CRU маълумотлари метеорологик қурғоқчилик индекси (SPI) ва гидрологик қурғоқчилик индекси (SSI) ўртасидаги боғлиқликни ўрганиш, шу орқали гидрологик қурғоқчиликни прогнозлашда қўлланилиши мумкин [McKee et al., 1993; Vicente-Serrano et al. 2010].

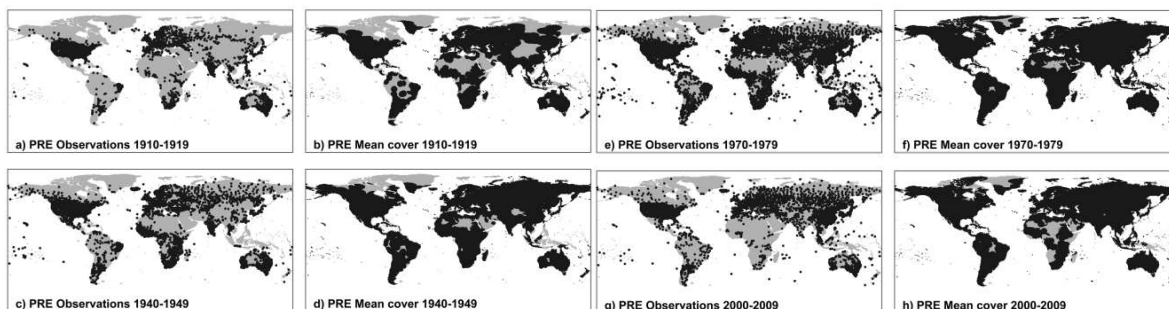
Ишнинг мақсади ва вазифалари. Ушбу тадқиқот ишининг асосий мақсади Писком дарёси ҳавзасида халқаро маълумотлар базаси маълумотлари асосида метеорологик қурғоқчилик индексларини аниқлаш ва баҳолашдан иборат. Шунингдек, ишда метеорологик қурғоқчилик индекслари асосида гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш имкониятлари тадқиқ этилган.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тадқиқот объекти сифатида Писком дарёси ҳавзаси танлаб олинди. Тадқиқот предмети эса CRU базаси маълумотларнинг ишончилигини баҳолаш, метеорологик ва гидрологик индексларни ҳисоблаш ҳамда уларнинг ўзаро боғлиқлигини прогнозлаш нуқтаи-назардан ўрганишдан иборат.

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Тадқиқотда CRU базасининг 1961-2020 йиллар оралиғидаги ойлик атмосфера ёғинлари маълумотларидан фойдаланилди. Шунингдек, Писком метеорология станцияси ойлик атмосфера ёғинлари ва Писком дарёси Муллала гидрологик пости ойлик сув сарфлари бўйича кузатувлар маълумотларидан фойдаланилди.

CRU маълумотлар базаси Буюк Британиянинг Шарқий Англия университети, Миллий атмосфера фанлари маркази, Океан ва атмосфера фанлари маркази ҳамда Атроф-муҳит институти ҳамкорлигида яратилган. Ушбу база метеорология станциялари маълумотлари асосида турли интерполяция усуллари ёрдамида кенг ҳудудларни қамраб олувчи ўртача кийматли маълумотларни тақдим этади. CRU маълумотлари белгиланган координаталар тўри бўйича $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ ва $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ аниқликда шакллантирилган бўлиб, уларнинг ишончилиги кузатув пунктлари сони ва жойлашувига бевосита боғлиқ. Ушбу маълумотлар базасида 1901 йилдан Антарктидадан ташқари барча минтақалар учун ҳаво ҳарорати, атмосфера ёғинлари, буғланиш ва бошқа асосий метеорологик кўрсаткичлар мавжуд. База маълумотлари метеорология станциялари мавжуд бўлмаган ҳудудларда маълумотларни тиклаш, узайтириш ва иқлим тадқиқотларини самарали амалга ошириш

имконини яратади. XX аср бошларида метеорологик кузатувлар сони чекланган бўлгани сабабли, маълумотларнинг аниқлиги кузатувлар сонига қараб ўзгариши мумкин (1-расм).



1-расм. Метеорология станциялари тақсимотининг даврлар бўйича ўзгариши

Рис. 1. Изменение распределения метеорологических станций по периодам

Fig. 1. Changes in the distribution of meteorological stations by periods

Метеорология станциялари сонининг кўплиги тадқиқ қилинаётган ҳудудда метеорологик маълумотларнинг ишончлилигини ва ҳудудий қамровини оширади. Масалан, 1а-расмда 1910–1919 йилларда кузатув пунктлари сони ва 1b-расмда эса шу даврдаги маълумотлар қамрови кўрсатилган. 1940–1949 ҳамда 1970–1979 йилларда метеорология станциялари сонининг ортиши натижасида (1c- ва 1e-расм), маълумотлар қамрови кенгайгани кузатилади (1d- ва 1f-расм). Шу билан бирга, 2000–2009 йилларда станциялари сонининг камайиши (1g-расм) маълумотлар қамровининг пасайишига олиб келганлиги кўриниб турибди (1h-расм).

CRU TS маълумотлар базаси таркибида узоқ муддатли иқлим таҳлили ва статистик моделлаштириш учун зарур бўлган, ўртача ойлик метеорологик параметрлар тақдим этилади.

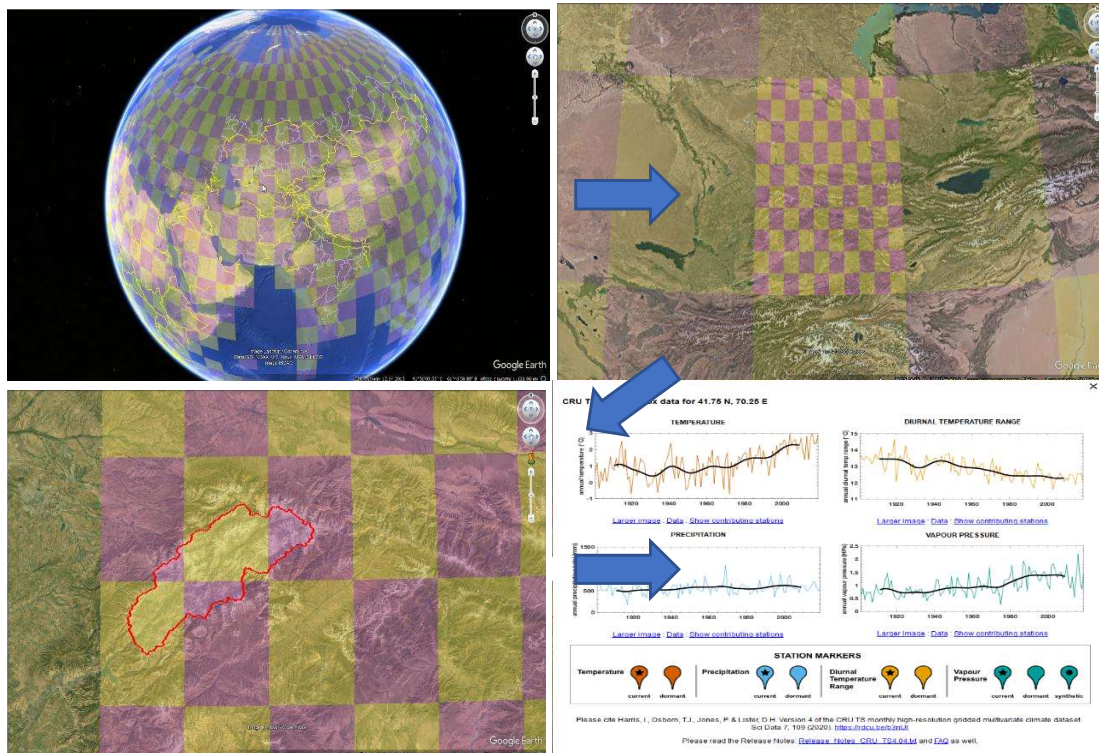
1. Ҳаво ҳарорати.
2. Ҳаво ҳарорати амплитудаси.
3. Атмосфера ёғинлари миқдори.
4. Атмосфера босими.

Маълумотлар тегишли файл [CRU TS Version 4.06 URL] орқали юкланади. Ушбу жараён Google Earth дастури ёрдамида cruts_4.06_gridboxes.kml файлини очиш орқали амалга оширилади. Натижада, даража тўри кўринишида катта ҳудудни қамраб олувчи $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ тўрли маълумотлар экранда ҳосил бўлади (2-расм). Бироқ тадқиқот иши учун кичикроқ ҳудуд таҳлил қилинса, $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ даража тўрлари бўйича маълумотларга эҳтиёж сезилади. Шу сабабли, кичик ҳудуд учун маълумотлар ажратиб олинди [2-расм]. Бу жараён кичик ўлчамли ҳудудлар бўйича аниқликни таъминлашда ва CRU маълумотларини амалий тадқиқотларга мослаштиришда фойдаланилади.

Метеорологик ва гидрологик индекслар орасидаги статистик боғланиш Пирсон корреляция коэффиценти бўйича аниқланади:

$$r_r = \frac{cov}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

бу ерда: x, y – ўзгарувчилар, \bar{x}, \bar{y} – ўзгарувчиларнинг ўртача арифметик қийматлари, cov – ковариация коэффиценти, σ_x ва σ_y – x ва y ўзгарувчиларининг ўртача квадратли четланишлари [Pearson, 1895].



2-расм. CRU базасидан маълумотларни юклаб олиш кетма-кетлиги

Рис. 2. Последовательность загрузки базы данных CRU

Fig. 2. The sequence of data downloading from CRU database

Бундан ташқари, Спирман ранг ифодаси орқали ҳам индекслар орасидаги статистик боғланишни аниқлаш мумкин:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \tag{2}$$

бу ерда: d^2 – ўзгарувчиларни ранг рақамлари фарқларини квадратлари, n – қаторлар сони [Spearman, 1904].

Қурғоқчилик ҳодисаси прогнозининг аниқлигини баҳолаш мақсадида “hit-score” усули қўлланилди. Ушбу усулда SPI ва SSI индекслари 70%, 80%, 90% ва 95% лик таъминланиш чизиғидан паст бўлган қийматлар асосида танлаб олинади [Barlow et al., 2002; Lehman et al., 2005; Chen and Sun, 2015; Guo et al., 2018].

Олинган “hit-score” натижалари 1-жадвалда келтирилган критерийлар орқали таҳлил қилинди. Таққослаш жадвалида қуйидаги ҳолатлар таҳлил қилинади:

“а” – метеорологик қурғоқчилик кузатилганда гидрологик қурғоқчилик ҳам кузатилган ҳолат;

“б” – метеорологик қурғоқчилик кузатилмаган бўлса-да, гидрологик қурғоқчилик кузатилган ҳолат;

“с” – метеорологик қурғоқчилик кузатилганда гидрологик қурғоқчилик кузатилмаган ҳолат;

“д” – метеорологик қурғоқчилик кузатилмаган ва гидрологик қурғоқчилик ҳам кузатилмаган ҳолат.

Шунингдек, “а + с” қиймати метеорологик қурғоқчилик кузатилган ҳолатларда содир бўлган ва бўлмаган гидрологик қурғоқчиликларнинг йиғиндиси сифатида ҳисобланади. Бошқача айтганда, бу кўрсаткич метеорологик қурғоқчиликлар жами сонини ифодалайди [Wilks, 2011]:

$$H = \frac{a}{a+c} \quad (3)$$

1-жадвал

Қурғоқчилик прогнозлари самарадорлигини баҳолашда қўлланиладиган “hit-score” қиймати

Таблица 1

Значения "hit-score" при оценке эффективности прогнозов засухи

Table 1

"Hit-score" value in assessing the performance of drought forecasts

Қийматлар		Кузатилган метеорологик қурғоқчилик (SPI)		
		Ҳа	Йўқ	Жами
Прогноз қилинган гидрологик қурғоқчилик (SSI)	Ҳа	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
	Йўқ	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c+d</i>
	Ҳаммаси	<i>a+c</i>	<i>b+d</i>	<i>H=a+b+c+d</i>

Hit-score ифодаси ушбу таққослаш натижалари орқали дарё ҳавзасида қурғоқчилик ҳодисасининг метеорологик индекслар билан қай даражада боғлиқ эканлигини аниқлашда қўлланилади. Ушбу ифодани қуйидагича тушуниш мумкин:

қиймат 1 га яқинлашганида – қурғоқчилик ҳодисаси метеорологик индекслар билан узвий боғлиқ эканлигини кўрсатади, яъни прогноз сифати юқори;

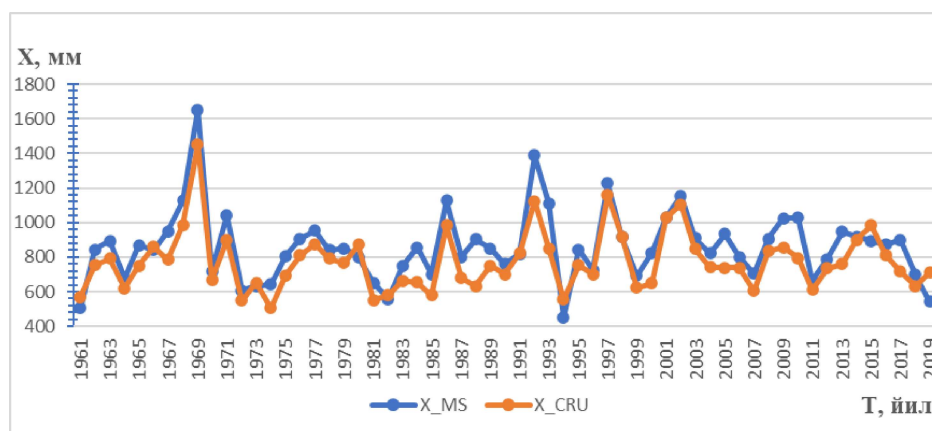
қиймат 0 га яқинлашганида – қурғоқчилик ҳодисасига метеорологик индексларнинг боғлиқлиги мавжуд эмаслигини ва унга бошқа омиллар таъсири юқори эканлигини англатади [Haslinger, 2014].

Олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси. CRU базасининг ишончилигини аниқлаш мақсадида Писком метеорология станцияси кузатув маълумотлари билан ушбу станцияга мос келувчи ҳудудни қамраб олган CRU маълумотлари ўзаро солиштирилди (3-расм). Бу таққослаш натижалари маълумотлар аниқлиги ва мослигини баҳолаш ҳамда база маълумотларининг ҳудудий қўлланилиш даражасини аниқлаш имконини беради.

Метеорология станцияси ва CRU базаси маълумотлари йиллар давомида ўзгариш тенденцияси бўйича деярли устма-уст мос келган. Бироқ, метеорология станциясида қайд этилган ёгин миқдори сезиларли даражада каттароқ эканлиги кузатилади. Бунинг асосий сабаби шундаки, метеорология станцияси маълумоти бир нуқтада ўлчанган локал (нуқтали) маълумот ҳисобланади, CRU базаси эса ҳудуд бўйича маълумотларни интерполяция усуллари ёрдамида ўртача қийматларини ифодалайди.

Статистик боғлиқликни ифодаловчи детерминация коэффициенти $R^2 \geq 0,67$ бўлган ҳолатларда CRU маълумотлар базасидан фойдаланиш илмий изланишлар учун мақсадга мувофиқ [Montgomery et al., 2012]. Бу шарт маълумотларнинг аниқлигини ва ишончилигини таъминлаш учун зарур. CRU маълумотлар базасидан илмий тадқиқотларда

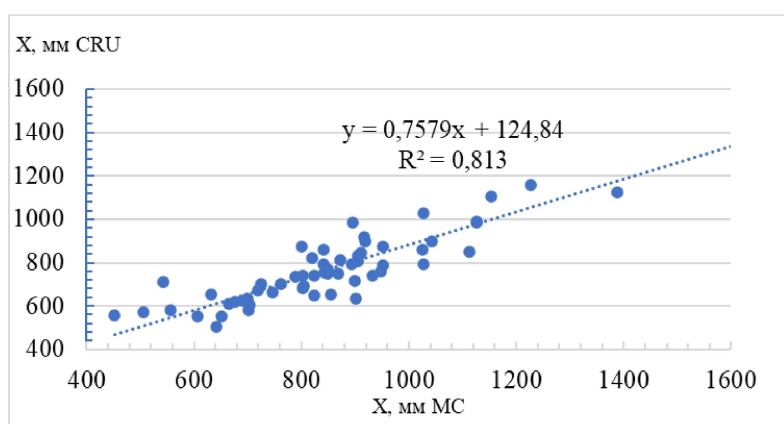
самарали фойдаланиш учун, аввало, унинг метеорология станцияси томонидан кузатишган атмосфера ёғинлари маълумоти билан боғлиқлиги баҳоланди (4-расм).



3-расм. CRU базиси ва Писком метеорология станциясида кузатишган йиллик атмосфера ёғинларининг тақсимланиши

Рис. 3. Распределение годовых атмосферных осадков по данным базы CRU и наблюдений на метеорологической станции Пскем

Fig. 3. Distribution of annual precipitation based on CRU data and observed in Pskem meteorological station



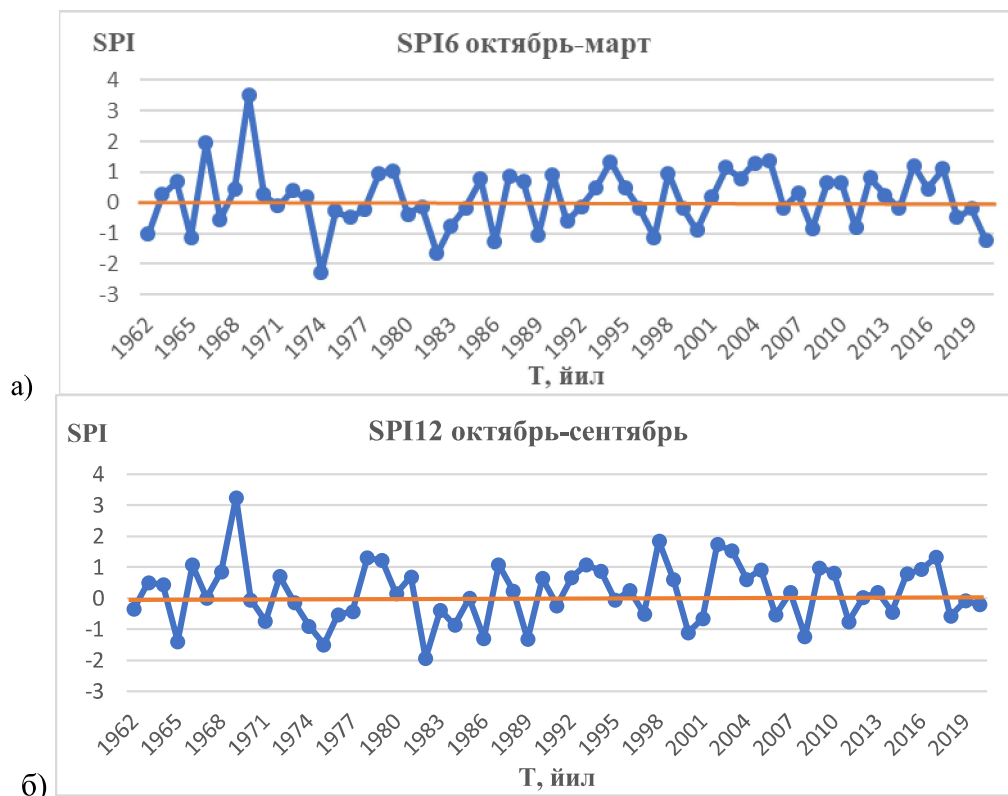
4-расм. CRU базиси ва Писком метеорология станциясида кузатишган йиллик атмосфера ёғинлари орасидаги боғланиш

Рис. 4. Связь между годовыми атмосферными осадками по данным базы CRU и наблюдениями на метеорологической станции Пскем

Fig. 4. Correlation between annual precipitation based on CRU data and observations at the Pskem meteorological station

Юқорида келтирилган боғланиш графиги асосида аниқланган корреляция коэффициенти қиймати $r = 0,90$ га тенг бўлганлиги сабабли, тадқиқотда ўрганилаётган дарё ҳавзасига ёғадиган атмосфера ёғинларини SPI (Стандартлаштирилган ёғин индекси) га айлантириш тавсия этилади [McKee et al., 1993; Умирзаков ва бошқ., 2021; Умирзаков ва Омонов, 2021].

Тадқиқотнинг ушбу қисмида CRU маълумотлар базасидан фойдаланиб, метеорологик индекслар (SPI) ҳисобланди ва уларнинг йиллар давомида ўзгариши таҳлил қилинди. Шу мақсадда SPI6 индекслари учун ойлик ўзгаришларни акс эттирувчи график чизилди (5-расм).



5-расм. CRU базаси бўйича 6 ойлик (а) ва 12 ойлик (б) SPI қийматларининг ўзгариши

Рис. 5. Изменение значений SPI за 6 месяцев (а) и 12 месяцев (б) по данным базы CRU

Fig. 5. Changes in 6-month (a) and 12-month (b) SPI values based on the CRU database

5а-расмда кўриниб турибдики, SPI6 индексининг “0” қиймати меъёрни англатади. 1969 йил энг серёгин йил сифатида қайд этилган бўлса, 1974 йил энг қурғоқчил йил бўлган. Шу билан бирга, SPI12 индекслари учун таҳлиллар шуни кўрсатдики, энг қурғоқчил давр 1982 йилга тўғри келади (5б-расм).

Тадқиқот давомида CRU базаси ва метеорология станцияси ва гидропостда кузатилган маълумотлар асосида ҳисобланган SPI ва SSI индекслари ўртасидаги боғлиқлик ўрганилди. Дастлаб, Писком метеорология станцияси ва CRU базаси ойлик атмосфера ёғинлари ҳамда Муллала гидропостида кузатилган ойлик сув сарфи маълумотлари асосида SPI6 ва SSI6 индекслари ҳисобланди ва улар орасидаги боғлиқлик таҳлил қилинди (2-жадвал).

2-жадвалдан кўриниб турибдики, ҳар бир даврнинг суратида метеорология станцияси билан гидропост маълумотлари орасидаги боғланиш, махражида эса CRU базаси билан гидропост маълумотлари орасидаги боғланишлар кўрсатилган. Октябрь-март ойларидаги SPI индекслари билан март-август ойларидаги SSI индекслари ўртасидаги корреляция коэффициенти $r = 0,81$ га тенг бўлган. Ушбу юқори боғлиқликни дарё ҳавзасига

ёққан ёгингарчиликларнинг асосий қисми октябрь-март ойларига, оқим эса апрель-сентябрь ойларига тўғри келиши билан изоҳлаш мумкин .

2-жадвал

SPI6 ва SSI6 индекслари ўртасидаги статистик боғланишлар

Таблица 2

Статистические связи между индексами SPI6 и SSI6

Table 2

Statistical relationships between the SPI6 and SSI6 indices

Ойлар		SPI6 (Писком метеостанцияси/CRU базаси)											
		VIII-I	IX-II	X-III	XI-IV	XII-V	I-VI	II-VII	III-VIII	IV-IX	V-X	VI-XI	VII-XII
SSI6 (Писком-Муллага гидрологик пост)	VIII-I	0,24											
		0,28											
	IX-II	0,34	0,33										
		0,41	0,4										
	X-III	0,43	0,43	0,36									
		0,5	0,49	0,4									
	XI-IV	0,53	0,58	0,54	0,37								
		0,59	0,63	0,57	0,44								
	XII-V	0,59	0,69	0,68	0,6	0,52							
		0,64	0,71	0,7	0,65	0,56							
	I-VI	0,62	0,75	0,79	0,74	0,69	0,58						
		0,64	0,77	0,8	0,79	0,73	0,61						
	II-VII	0,62	0,75	0,81	0,79	0,76	0,67	0,68					
		0,63	0,76	0,82	0,83	0,8	0,71	0,7					
	III-VIII	0,61	0,73	0,81	0,79	0,75	0,67	0,68	0,68				
		0,62	0,75	0,81	0,83	0,8	0,71	0,7	0,66				
	IV-IX	0,61	0,73	0,8	0,78	0,75	0,67	0,69	0,69	0,53			
		0,62	0,74	0,81	0,82	0,79	0,72	0,71	0,66	0,55			
	V-X	0,61	0,72	0,79	0,77	0,74	0,66	0,67	0,68	0,53	0,26		
		0,61	0,73	0,8	0,81	0,78	0,71	0,7	0,65	0,54	0,33		
	VI-XI	0,59	0,69	0,77	0,73	0,72	0,66	0,67	0,68	0,53	0,26	0,09	
		0,58	0,7	0,78	0,77	0,77	0,71	0,69	0,65	0,54	0,33	0,12	
	VII-XII	0,57	0,63	0,71	0,66	0,66	0,62	0,64	0,69	0,56	0,35	0,19	0,27
		0,56	0,63	0,71	0,69	0,71	0,69	0,68	0,65	0,55	0,41	0,23	0,25

Изоҳ: ранглар корреляция даражасини ифодалайди (қизил – кичик, яшил – катта).

Примечание: цвета представляют уровни корреляции (красный – низкий, зеленый – высокий).

Note: colors indicate the of correlation (red – low, green – high).

CRU маълумотлари бўйича энг кучли боғлиқлик ноябрь-апрель ойларига тўғри келган бўлиб, бу даврдаги корреляция коэффиценти $r = 0,83$ ни ташкил этди (2-жадвал махражида келтирилган). Ушбу натижа, ёгингарчиликларнинг мазкур ойлар давомида шаклланиши билан изоҳланади.

SPI12_MC(метеорология станцияси) ва SSI12 индекслари гидрологик йил даври учун таҳлил қилинди. Ушбу даврда SPI ва SSI индекслари орасидаги корреляция зичлигини ифодаладиган коэффицент қиймати $r = 0,80$ деб топилди (3-жадвал).

3-жадвалдан кўриниб турибдики, SPI12_CRU ва SSI12 индекслари гидрологик йилга мос келувчи давр учун таҳлил қилинди. Ушбу даврда аниқланган корреляция коэффиценти $r=0,78$ га тенг бўлди (3-жадвал махражида келтирилган).

SPI6 ва SSI6 индексларини ўрганишда SPI6 даври йилнинг совуқ ярим йиллиги – октябрь-март ойларига, SSI6 даври эса йилнинг иссиқ ярим йиллиги – апрель-сентябрь ойларига мос равишда ҳисобланди. Умуман олганда, дарё ҳавзаларида йиллик ёгиннинг

асосий қисми совуқ ярим йилликда йиғилади, оқим эса асосан иссиқ ярим йилликда дарёдан оқиб ўтади.

3-жадвал

SPI12 ва SSI12 индекслари ўртасидаги статистик боғланишлар

Таблица 3

Статистические связи между индексами SPI12 и SSI12

Table 3

Statistical relationships between the SPI12 and SSI12 indices

Ойлар		SPI12 (Писком метеостанцияси/CRU базаси)												
		XII-I	I-II	II-III	III-IV	VI-V	V-VI	VI-VII	VII-VIII	VIII-IX	IX-X	X-XI	XII-XI	
SSI12 (Писком-Му-лала гидрологик пост)	XII-I	0,56												
		0,63												
	I-II	0,56	0,51											
		0,63	0,59											
	II-III	0,57	0,53	0,37										
		0,64	0,6	0,45										
	III-IV	0,6	0,57	0,43	0,29									
		0,66	0,63	0,49	0,33									
	VI-V	0,65	0,66	0,56	0,45	0,38								
		0,7	0,7	0,59	0,47	0,38								
	V-VI	0,62	0,72	0,73	0,69	0,64	0,62							
		0,65	0,72	0,72	0,7	0,64	0,6							
	VI-VII	0,51	0,63	0,75	0,79	0,78	0,77	0,75						
		0,5	0,59	0,7	0,76	0,78	0,77	0,75						
	VII-VIII	0,46	0,59	0,74	0,8	0,81	0,8	0,79	0,79					
		0,45	0,54	0,68	0,77	0,8	0,8	0,78	0,77					
	VIII-IX	0,45	0,59	0,74	0,8	0,82	0,81	0,8	0,8	0,8				
		0,43	0,52	0,67	0,77	0,81	0,81	0,79	0,78	0,78				
	IX-X	0,45	0,58	0,74	0,81	0,83	0,82	0,81	0,81	0,81	0,72			
		0,42	0,51	0,67	0,77	0,82	0,81	0,8	0,79	0,79	0,75			
	X-XI	0,44	0,57	0,74	0,81	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,74	0,65		
		0,41	0,5	0,66	0,77	0,82	0,82	0,81	0,79	0,79	0,76	0,7		
	XII-XI	0,43	0,57	0,74	0,82	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,75	0,65	0,61	
		0,41	0,5	0,67	0,77	0,82	0,82	0,81	0,8	0,8	0,76	0,69	0,65	

Изоҳ: ранглар корреляция даражасини ифодалайди (қизил – кичик, яшил – катта).

Примечание: цвета представляют уровни корреляции (красный – низкий, зеленый – высокий).

Note: colors indicate the of correlation (red – low, green – high).

SPI12 ва SSI12 индекслари ўртасида боғлиқликни ўрганиш учун гидрологик йил – октябрь-сентябрь ойларини камраб олувчи давр танланди (4-жадвал). Бу танлов метеорологик ҳодисаларнинг гидрологик жараёнларга кўрсатадиган таъсирини янада аниқроқ баҳолаш имконини беради. Ушбу ёндашув дарё хавзаларидаги ёғингарчилик ва оқим ўртасидаги мавсумий боғлиқликни чуқурроқ таҳлил қилиш учун муҳим бўлиб, гидрологик ва метеорологик маълумотлар орасидаги интеграцияни таъминлайди.

SPI ва SSI индекслари ўртасидаги статистик боғланишлар ва уларнинг таҳлили. SPI6 ва SSI6 индекслари метеорология станцияси ва гидропост маълумотлари билан боғланганда корреляция коэффициенти $r = 0,80$ га тенглиги аниқланган. Ўхшаш натижалар SPI12 ва SSI12 индекслари учун ҳам қайд этилди. CRU маълумотлар базаси ва гидропост маълумотлари билан SPI6 ва SSI6 индексларининг боғланиш коэффициенти $r = 0,81$, SPI12 ва SSI12 индексларида эса $r = 0,78$ бўлди.

Спирман усули билан ҳисобланган боғланиш натижаларига кўра, фақат SPI6 ва SSI6 индекслари учун CRU маълумотлар базаси ва гидропост билан боғланиш қиймати $r = 0,81$ га тенг бўлган. Бошқа уч ҳолатда эса Спирман усули билан олинган корреляция коэффициенти Пирсон усулига нисбатан кичик қийматда бўлди.

4-жадвал

Қурғоқчилик прогнозлари самарадорлигини “hit-score” қиймати ёрдамида баҳолаш

Таблица 4

Оценки эффективности прогнозов засухи на основе значения «hit-score»

Table 4

Assessment of efficiency of drought forecasts using “hit-score” value

MC (1965-2020 йй.)	SPI6(X-III) SSI6(IV-IX)	SPI12(X-IX) SSI12(X-IX)	CRU (1965-2020 йй.)	SPI6(X-III) SSI6(IV-IX)	SPI12(X-IX) SSI12(X-IX)
R	0,80	0,80	r	0,81	0,78
Спирман r	0,78	0,74	Спирман r	0,81	0,72
%	hit score		%	hit score	
70	0,71	0,71	70	0,65	0,76
80	0,60	0,73	80	0,40	0,73
90	0,67	1,00	90	0,33	0,80
95	0,67	0,67	95	0,33	0,33

Қурғоқчилик прогнозларининг аниқлиги баҳоланганда, энг яхши натижа SPI6 ва SSI6 индексларининг метеорология станцияси ва гидропост билан 90% таъминланиш чизиғида ҳисобланганда қайд этилган бўлиб, бу натижа прогнознинг 100% аниқлик билан олинганлигини кўрсатади. Умуман олганда, CRU базаси маълумотлари бўйича қурғоқчилик прогнози натижалари бироз кичик кўрсаткичларга эга. Бунинг сабаби сифатида CRU база маълумотларининг SPI индекслари майдонли маълумот ҳамда ёғингарчилик миқдори катта ҳудудга интрополяция қилинганлиги ва бошқа омилларнинг таъсири деган ҳулосага келдик. SPI ва SSI индекслари билан боғланишлари таҳлил қилиниб, энг яхши боғланиш даврлари чуқурроқ ўрганилганида янада яхши натижалар олиш имконияти мавжудлигини таъкидлаш мумкин.

Олинган натижалардан келиб чиқадиган хулосалар.

1. CRU маълумотлар базаси метеорология станцияси маълумотлари билан таққосланди ва улар орасида статистик боғланиш мавжудлиги аниқланди.

2. CRU базаси асосида SPI6 ва SPI12 индекслари ҳисоблаб чиқилди, уларнинг йиллараро ўзгариш графиги чизилди ва қийматлар метеорология станцияси маълумотлари билан таққосланди.

3. SPI6 ва SPI12 метеорологик индекслари билан мос равишда SSI6 ва SSI12 гидрологик индекслари орасидаги боғланишлар аниқланди ва мазкур боғланишлар асосида йилнинг совуқ ва иссиқ ярим йиллиги учун hit score қийматлари ҳисобланди.

4. Hit score қийматлари CRU база маълумотлари асосида кичикроқ боғланиш қийматларини қайд этган бўлса-да, энг юқори боғланиш даврлари танланганида қурғоқчилик индекслари прогнозлашда самарали натижалар бериши имконияти мавжудлиги очиб берилди.

5. Олинган натижалар CRU база маълумотларидан фойдаланиш имкониятлари кенг эканлигини кўрсатади ва ушбу база турли илмий ва амалий тадқиқотларда қўлланилиши тавсия этилади.

6. Метеорология станциялари мавжуд бўлмаган ёки улардаги маълумотлар узилган ҳудудларда CRU базаси маълумотларини тиклаш ва улардан фойдаланиш тавсия этилади.

Муаллифларнинг ҳиссаси. Н.О. Омонов: мақола ғоясини қўллаш, маълумотларини йиғиш, қайта ишлаш, мақола матнини ёзиш, натижалар таҳлили.

Ғ.Ў. Умирзаков: мақола ғоясини аниқлаштириш, методологияси, натижалар таҳлили, натижаларни текшириш, раҳбарлик. **К.Р. Рахмонов:** мақола ғояси, объектни танлаш, мақолани расмийлаштириш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х., Айтбоев Д.П. Основы гидрологии. – Ташкент: Университет, 2003. – 328 б.

Шульц В.Л., Мауранов Р. Ўрта Осиё гидрографияси. – Тошкент: Ўқитувчи, 1969. – 328 б.

Umirzakov G., Omonov N. Iqlim o'zgarishi sharoitida meteorologik qurg'oqchiliklar takrorlanishini baholash / "Geografik tadqiqotlar: innovatsion g'oyalar va rivojlanish istiqbollari" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Toshkent, 15-16 aprel 2022 y. – B. 546-550.

Umirzakov G., Raxmonov K., Omonov N. Meteorologik va gidrologik qurg'oqchiliklar orasidagi bog'lanishni statistik baholash // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi.* №4. 2021. – B. 52-63

Umirzakov G., Remesan R., Rakhmonov K., Mujumdar S., Omonov N. Forecasting hydrological drought by meteorological drought indices in Chirchik River Basin / "Iqlim o'zgarishi sharoitida gidrometeorologik tadqiqotlar: dolzarb muammolar va ularning yechimlari" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Toshkent, 3-4 iyun 2022 y. – B. 92-96.

Barlow M., Cullen H., Lyon B. Drought in central and southwest Asia: La Nina, the warm pool, and Indian Ocean precipitation // *Journal of Climate,* V. 15, 2002. – PP. 697-700.

Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S., Horányi A., Muñoz-Sabater J., Nicolas J., Peubey C., Radu R., Schepers D. The ERA5 global reanalysis // *Q.J.R. Meteorol. Soc.,* 146, 2020. – PP. 1999–2049.

Chen H., Sun J. Changes in drought characteristics over China using the standardized precipitation evapotranspiration index // *Journal of Climate,* V. 28, 2015. – PP. 5430-5447.

Luo H., Ge F., Yang K., Zhu S., Peng T., Cai W., Liu X., Tang W. Assessment of ECMWF reanalysis data in complex terrain: Can the CERA-20C and ERA-Interim data sets replicate the variation in surface air temperatures over Sichuan, China? // *Int. J. Clim.,* 39, 2019. – PP. 5619-5634.

Martins D.S., Paredes P., Raziqi T., Pires C., Cadima J., Pereira L.S. Assessing reference evapotranspiration estimation from reanalysis weather products. An application to the Iberian Peninsula // *Int. J. Clim.,* 37, 2017. – PP. 2378–2397.

Lehman A. *Jmp for Basic Univariate and Multivariate Statistics: A Step-by-step Guide.* Cary, NC: SAS Press., 2005. – 123 p.

McKee, Thomas B., Nolan D., John K. The relationship of drought frequency and duration to time scales / *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology,* V. 17, No. 22, 1993. – P. 136.

Mishra A.K., Singh V.P. A review of drought concepts // *Journal of Hydrology,* V. 391, 2010. – PP. 204–216.

Mitchell, T. D., & Jones, P. D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. // *International Journal of Climatology,* 2005. 25(6). – PP. 693–712.

Montgomery, D.C., Peck, E.A., Vining, G. G. *Introduction to Linear Regression Analysis.* 2012

Patrick E. Drought characteristics and management in Central Asia and Turkey. *FAO Water Reports.* FAO, 2017. – 114 p.

Pearson K. Note on Regression and Inheritance in the Case of Two Parents. / *Proceedings of the Royal Society of London,* 58, 1895. – PP. 240–242.

Sheffield J., Wood E.F. Characteristics of global and regional drought, 1950–2000: analysis of soil moisture data from off-line simulation of the terrestrial hydrologic cycle // *Journal of Geophysical Research,* V. 112, 2007. D17115.

Spearman C. The Proof and Measurement of Association Between Two Things. // *The American Journal of Psychology,* 15(1), 1905. – PP. 72–101.

Svoboda M.D., Brian A.F. *Handbook of drought indicators and indices.* Geneva, Switzerland:

World Meteorological Organization, 2016.

Tallaksen L.M., Van Lanen H.A.J. Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Developments in Water Science, 2004. 48.

Guo H., Bao A., Ndayisaba F., Liu T., Jiapaer G., El-Tantawi A.M., De Maeyer P. Space-time characterization of drought events and their impacts on vegetation in Central Asia // Journal of Hydrology, V. 564, 2018. – PP.1165-1178.

Harris T.J., Osborn, Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset // Scientific Data, 2020. 7:109.

Haslinger K., Koffler D., Schöner W., Laaha G. Exploring the link between meteorological drought and streamflow: Effects of climate-catchment interaction // Water Resources Research, 50(3), 2014. – PP. 2468-2487.

Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I. A multi-scalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. // Journal of Climate, 2010. 23(7). – PP. 1696-1718.

Wu J., Chen X., Yao H., Gao L., Chen Y., Liu M. Non-linear relationship of hydrological drought responding to meteorological drought and impact of a large reservoir // Journal of Hydrology, V. 551, 2017. – PP. 495-507.

Wilks D.S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences // International Geophysics, V. 91, 3rd ed., Academic, Burlington, Mass, 2011. – 676 p.

Электрон ресурс:

CRU TS Version 4.06. URL: https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.06

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ РАСЧЕТЕ ИНДЕКСОВ ЗАСУХИ

Н.О. ОМОНОВ¹, Г.У. УМИРЗАКОВ^{1,2}, К.Р. РАХМОНОВ²,

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, oomonov506@gmail.com, g.umirzakov@gmail.com

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

Аннотация. Настоящая статья посвящена определению индексов засухи в бассейне реки Пскем. В исследовании использовались данные базы Climatic Research Unit (CRU). Для оценки надежности данных CRU была проведена сравнительная проверка с наблюдениями метеорологических станций. В результате сопоставления были выявлены различия и степень корреляции между метеорологическими данными, полученными двумя разными методами, и проведен соответствующий анализ.

С помощью географических информационных систем (ГИС) были определены границы бассейна реки Пскем и собраны данные CRU, полностью охватывающие этот район. На основе этих данных были рассчитаны индексы засухи и выполнен статистический анализ. Были изучены возможности прогнозирования засухи на основе статистической взаимосвязи между атмосферными осадками и речным стоком. Для оценки качества прогноза использовался индекс Hit Score.

Результаты исследования подтверждают высокую эффективность данных CRU для анализа засухи и других климатических исследований. Особенно это актуально для районов, где отсутствуют метеорологические станции или имеются пропуски в наблюдательных данных. Использование данных CRU позволяет восстанавливать и расширять климатические ряды, что способствует совершенствованию мониторинга климатических изменений и водных ресурсов в речном бассейне.

Ключевые слова: река, речной бассейн, атмосферные осадки, речной сток, индексы засухи CRU, SPI и SSI, статистическая зависимость, Hit Score, коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмана.

OPPORTUNITIES TO USE OF THE INTERNATIONAL DATA IN CALCULATING DROUGHT INDICES**N.O. OMONOV¹, G.U. UMIRZAKOV^{1,2}, K.R. RAKHMONOV²**¹ Hydrometeorological Research Institute, oomonov506@gmail.com, g.umirzakov@gmail.com² National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, komiljons@mail.ru

Abstract. *This article is dedicated to the identification of drought indices in the Piskom River Basin. The study utilized data from the Climatic Research Unit (CRU) database. To assess the reliability of the CRU data, a comparative analysis was conducted against observations from meteorological stations. This comparison revealed differences and the degree of correlation between meteorological data obtained through two different methods, and a comprehensive analysis was performed.*

Using Geographic Information Systems (GIS), the boundaries of the Piskom River Basin were delineated, and CRU data covering the entire basin were collected. Based on these data, drought indices were calculated and statistical analyses were carried out. The potential for drought forecasting was examined through statistical relationships between atmospheric precipitation and river discharge. The Hit Score index was applied to evaluate the quality of the forecasts.

The results of the study confirm the high effectiveness of the CRU database for drought analysis and other climate-related research. This is especially valuable in regions where meteorological stations are absent or where observation data are incomplete. The use of CRU data enables the reconstruction and extension of climatic records, thereby enhancing the monitoring of climate change and water resources in the river basin.

Keywords: *river, river basin, precipitation, river flow, CRU, SPI and SSI drought indices, statistical linkage, Hit Score, Pearson and Spearman correlation coefficients.*

REFERENCES

Rasulov A.R., Khikmatov F.X., Aytboev D.P. Hidrologiya asoslari [Fundamentals of Hydrology]. – Toshkent: Universitet, 2003. – 328 b. (in Uzbek)

Shuls V.L., Mashrapov R. Orta Osiyo gidrografiya [Hydrography of Central Asia]. – Toshkent: Oqituvchi, 1969. – 328 b. (in Uzbek)

Umirzakov G., Omonov N. Iklim ozgarishi sharoitida meteorologik kurgokchiliklar takrorlanishini baholash [Assessment of the recurrence of meteorological droughts in climate change conditions] / “Geografik tadqiqotlar: Innavatsion goyalar va rivojlanish istikbollari” mavzusidagi xalkaro ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Toshkent, 15-16 aprel 2022 y. – B. 546-550. (in Uzbek)

Umirzakov G., Rahmanov K., Omonov N. Meteorologik va gidrologik kurgokchiliklar orasidagi boglanishlarni statistik baholash [Statistical assesment of the connection between meteorological and hydrological droughts] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*, №4, 2021. – B. 52-63. (in Uzbek)

Electronic resource:

CRU TS Version 4.06. URL: https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.06