

**ГИДРОЛОГИЯ / HYDROLOGY**

УДК: 551.48

**МЕТЕОРОЛОГИК ВА ГИДРОЛОГИК ҚУРҒОҚЧИЛИКЛАР ОРАСИДАГИ  
БОҒЛАНИШЛАРНИ СТАТИСТИК БАҲОЛАШ****Ғ.Ў. УМИРЗАКОВ<sup>1\*</sup>, К.Р. РАХМОНОВ<sup>1</sup>, Н.О. ОМОНОВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети,  
g.umirzakov@gmail.com, komiljons@mail.ru, oomonov506@gmail.com

**Аннотация.** Мақолада метеорологик ва гидрологик қурғоқчиликлар орасидаги статистик боғланишлар Писком ва Угом дарёлари мисолида ўрганилган. Ишда Писком ва Угом дарёларида ўлчанган ўртача ойлик сув сарфлари ҳамда Писком метеорологик станциясида кузатишган атмосфера ёгинлари маълумотларидан фойдаланилган. Тадқиқотда метеорологик қурғоқчилик (SPI) ва гидрологик қурғоқчилик (SSI) индекслари SPI generator компьютер дастури ёрдамида ҳисобланган. Танланган дарёлар учун SPI ва SSI индекслари орасидаги статистик боғланишлар зичлиги Пирсон корреляция коэффицентини орқали ифодаланган. Ҳисоб даврлари учун гидрологик қурғоқчиликни метеорологик қурғоқчилик асосида прогнозлаш имконини берувчи “hit-score” қийматлари аниқланган. Олинган натижалар гидрологик қурғоқчиликни прогнозлашда “hit-score” услубини қўллаш имконияти мавжудлигини кўрсатди.

**Калит сўзлар:** дарё, дарё ҳавзаси, атмосфера ёгинлари, сув сарфлари, SPI ва SSI қурғоқчилик индекслари, статистик боғланиш, корреляция коэффицентини, “hit-score” усули, прогнозлаш

**Кириш.** Бугунги кунда дунё миқёсида, шунингдек, Ўзбекистонда ҳам илм-фан жадал ривожланиб бормоқда. Бу борада Жаҳон Метеорология Ташкилоти (ЖМТ) томонидан янги илмий таклифлар ва тавсиялар берилмоқда. Ушбу тавсиялардан бири – ҳавзага ёғадиган атмосфера ёгинлари ва дарё оқимини SPI (Standardized Precipitation Index – стандартлаштирилган ёгин индекси) ва SSI (standardized streamflow index – стандартлаштирилган оқим индекси) индекслари орқали аниқлаш ва таҳлил қилишдан иборатдир. Мазкур индексларнинг қулайлиги шундан иборатки, вақт қаторлари тебраниши “0” атрофида ўзгариши ва уларнинг “0” га тенг қиймати меъёр ҳисобланади. Ушбу индексларнинг ўзгариши дарё ҳавзасида содир бўладиган қурғоқчиликни таснифлаш имкониятини беради.

Сўнгги йилларда дунё миқёсида, қолаверса, Ўрта Осиё минтақасида ҳам сувга бўлган талаб йилдан-йилга ортиб бормоқда. Шу сабабли, бугунги кунга келиб, минтақа давлатларида сув ресурсларидан самарали фойдаланиш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу туфайли, дарёлар ҳавзаларига ёғадиган атмосфера ёгинлари ва улар оқимини метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари орқали тадқиқ этиш, ушбу жараёнлар орасида ўзаро боғлиқликни ўрганиш масалалари бугунги кунда долзарб аҳамият касб этади.

Ушбу муаммолар ўз даврида Н.А. Агальцева [Агальцева ва бошқ., 2010], В.Е. Чуб [Чуб, 2001, 2007], Ф.Х. Ҳикматов [Ҳикматов, Айтбоев, 2007; Ҳикматов, Турғунов, 2017], McKee [McKee et al., 1993], А. Lehman [Lehman, 2005], М. Свобода [Свобода ва бошқ., 2012], К. Haslinger [Haslinger et al., 2014]. Н. Guo [Guo et al., 2018] ва бошқалар томонидан кўриб чиқилган. Мазкур тадқиқотларда метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик

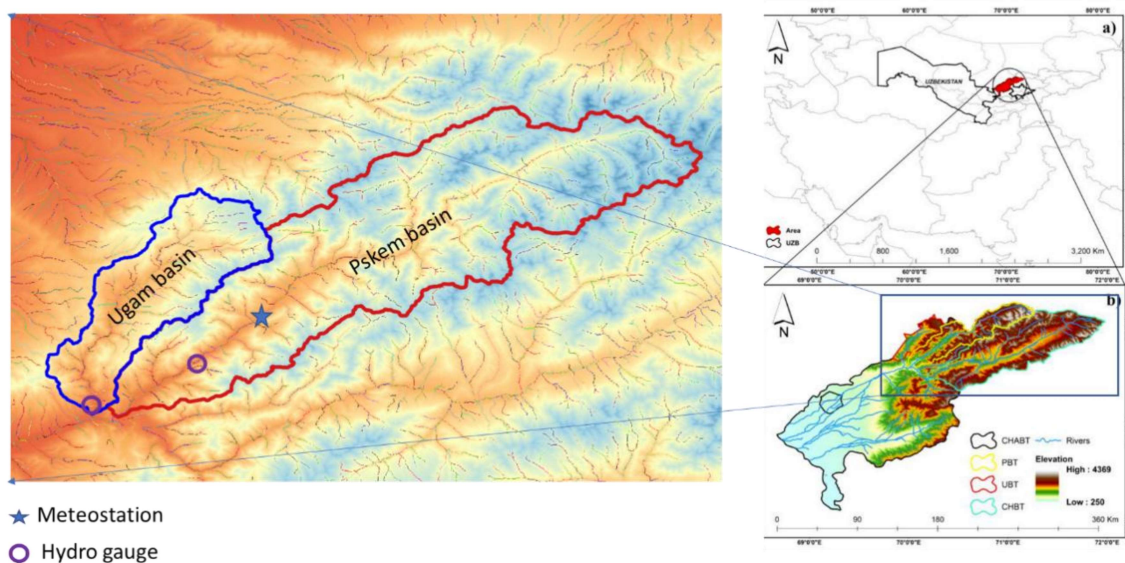
\* Масъул муаллиф: g.umirzakov@gmail.com, тел.: +998 97 4010283

индексларини ҳисоблаш масалалари, Ўрта Осиё дарёлари ҳавзалари мисолида қисман амалга оширилган. Лекин, улар орасидаги боғланишлар ва уларни статистик баҳолаш етарлича ўрганилмаган.

**Ишнинг мақсади ва вазифалари.** Мазкур тадқиқот ишининг асосий мақсади метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик орасидаги боғланишларни статистик баҳолашдан иборат. Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индексларини *SPI generator* дастури асосида ҳисоблаш, SPI ва SSI индекслари орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш ва гидрологик қурғоқчиликни эрта аниқлаш услубларини синаб кўриш тадқиқот ишининг асосий вазифаларидан ҳисобланади.

**Тадқиқот объекти ва предмети.** Ишда тадқиқот объекти сифатида Писком ва Угом дарёлари танлаб олинди (1-расм). Метеорологик ва гидрологик қурғоқчиликни SPI ва SSI индекслари орасидаги боғланишларни статистик баҳолаш ҳамда гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш масалалари ишнинг тадқиқот предметини белгилаб беради.

**Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.** Ишни бажариш жараёнида Чирчиқ ҳавзасида жойлашган Писком дарёсининг Муллала ва Угом дарёсининг Хожикент гидрологик постларида ўлчанган ўртача ойлик сув сарфлари ҳамда Писком метеостанциясида қайд этилган атмосфера ёғинлари ҳақидаги маълумотлардан фойдаланилди. Ишда белгиланган мақсад ва вазифаларга эришиш учун танланган метеостанция ва гидропостларнинг 1965 йилдан 2018 йилгача бўлган атмосфера ёғинлари ва ўртача ойлик сув сарфлари маълумотлари тўпланди.



1-расм. Писком ва Угом дарёлари ҳавзаларининг географик ўрни

Рис. 1. Географическое положение бассейнов рек Пскем и Угам

Fig. 1. Geographic location of the Pskem and Ugam river catchments

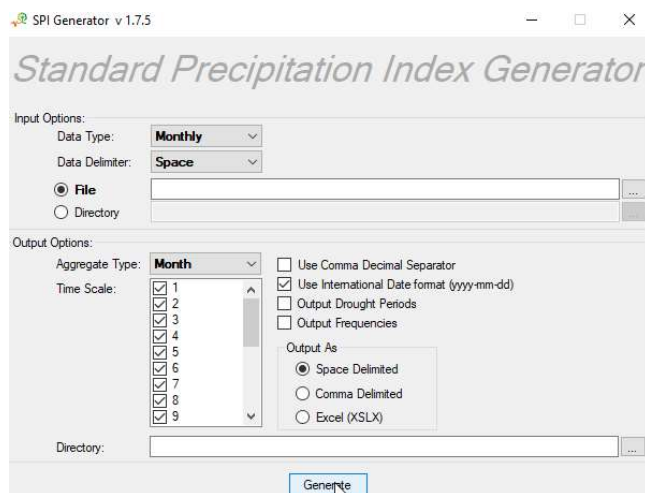
Тадқиқот ишида замонавий гидрологик ҳисоблашлар ва прогнозлар усуллари билан бир вақтда қурғоқчилик индексларини ҳисоблаш ҳамда математик статистика усулларидан фойдаланилди. Тўпланган маълумотлар асосида SPI ва SSI индекслари махсус *SPI generator* дастури ёрдамида ҳисобланди (2-расм).

Ушбу дастурда SPI индексининг қийматлари соддалаштирилган кўринишда қуйидаги ифода асосида ҳисобланади:

$$SPI_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_i}, \quad (1)$$

бу ерда:  $x_i$  – ойлик ёғин миқдори,  $\bar{x}$  – кўп йиллик ўртача ойлик ёғин миқдори,  $\sigma_i$  – ўртача квадратли четланиш бўлиб, қўйидагича аниқланади:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{x_i - \bar{x}}{n}}. \quad (2)$$



2-расм. SPI generator дастури ишчи ҳолати

Рис. 2. Рабочий режим программы SPI generator

Fig. 2. Operating mode of SPI generator

Аниқланган метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индекслари орасида статистик боғланишлар Пирсон корреляция коэффиценти бўйича ҳисобланди:

$$r_p = \frac{\text{cov}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}, \quad (3)$$

бу ерда:  $x$ ,  $y$  – ўзгарувчилар,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  – ўзгарувчиларнинг ўртача арифметик қийматлари, cov – ковариация коэффиценти,  $\sigma_x$  ва  $\sigma_y$  –  $x$  ва  $y$  ўзгарувчиларининг ўртача квадрат четланишлари.

Метеорологик қурғоқчиликнинг гидрологик қурғоқчиликка таъсири, дастлаб, Писком ва Угом дарёлари бўйича ўрганилди. Сўнгра, танланган даврлар учун, гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш имконини берувчи услуб, яъни “hit-score” қийматлари аниқланди.

**Олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси.** Ишнинг мақсадидан келиб чиқиб, 1965-2018 йиллар учун Писком метеорологик станциясида қайд этилган атмосфера ёғинлари маълумотлари ҳамда метеорологик қурғоқчилик индекслари (SPI) билан Писком ва Угом дарёлари ойлик сув сарфлари маълумотлари асосида гидрологик қурғоқчилик индекслари (SSI) аниқланди. Турли даврлар учун метеорологик (SPI1, SPI2, ..., SPI12) ва

гидрологик (SSI1, SSI2, ..., SSI12) курғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишлар Писком метеостанцияси ÷ Писком дарёси (1-жадвал) ва Писком метеостанцияси ÷ Угом дарёлари (2-жадвал) бўйича аниқланди. Ушбу босқичда SPI1÷SSI1, SPI2÷SSI2, ... SPI12÷SSI12 курғоқчилик индекслари мос равишда 12 ойлик даврлар учун ҳисобланди. Жадваллардаги ойлар турли даврли SPI ва SSI ларнинг шу ойгача бўлган йиғиндисини билдиради. Масалан, 2 ойлик индекслар бўлган SPI2 ва SSI2 нинг январь ойи қаторидаги қийматлари, декабрь-январь ойлари индекслари орасидаги боғланишни ифодалайди, февраль ойи қаторидаги эса январь-февраль ойлари индекслари ўртасида боғланишни ифодалайди ва ҳоказо.

*1-жадвал*

**Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) курғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишлар натижалари (Писком дарёси мисолада)**

*Таблица 1*

**Результаты статистических связей между метеорологическим (SPI) и гидрологическим (SSI) индексами засухи (на примере реки Пскем)**

*Table 1*

**Results of statistical correlation between meteorological (SPI) and hydrological (SSI) drought indices (an example of the Pskem river)**

Oylar	SPI1 ва SSI1	SPI2 ва SSI2	SPI3 ва SSI3	SPI4 ва SSI4	SPI5 ва SSI5	SPI6 ва SSI6	SPI7 ва SSI7	SPI8 ва SSI8	SPI9 ва SSI9	SPI10 ва SSI10	SPI11 ва SSI11	SPI12 ва SSI12
Январь	-0,04	0,08	0,13	0,37	0,33	0,24	0,25	0,21	0,28	0,43	0,54	0,57
Февраль	0,06	-0,02	0,04	0,10	0,35	0,33	0,24	0,29	0,22	0,29	0,44	0,54
Март	0,27	0,26	0,18	0,21	0,19	0,34	0,33	0,26	0,27	0,19	0,23	0,37
Апрель	0,30	0,45	0,43	0,37	0,36	0,36	0,49	0,48	0,41	0,38	0,29	0,30
Май	0,11	0,39	0,49	0,50	0,49	0,50	0,54	0,61	0,59	0,53	0,48	0,37
Июнь	-0,13	0,12	0,40	0,54	0,57	0,57	0,61	0,66	0,73	0,72	0,67	0,62
Июль	0,29	0,19	0,33	0,56	0,66	0,67	0,67	0,70	0,74	0,80	0,79	0,75
Август	0,00	0,29	0,17	0,34	0,57	0,67	0,67	0,67	0,71	0,75	0,81	0,79
Сентябрь	-0,12	-0,06	0,15	0,13	0,30	0,53	0,65	0,65	0,65	0,70	0,73	0,80
Октябрь	0,37	0,11	0,05	0,06	0,06	0,21	0,45	0,59	0,61	0,61	0,67	0,71
Ноябрь	0,15	0,33	0,17	0,08	0,08	0,05	0,19	0,38	0,52	0,54	0,56	0,64
Декабрь	0,13	0,21	0,42	0,34	0,22	0,21	0,15	0,23	0,40	0,53	0,56	0,59

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

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

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

Жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, Писком дарёси бўйича SPI1÷SSI1 орасидаги статистик боғланишларни ифодалайдиган корреляция коэффициентининг энг катта қиймати  $r=0,37$  га тенг бўлган (1-жадвал). Бир ойлик курғоқчилик индекслари таҳлили ҳавзада мазкур ойнинг ўзида оқимнинг шаклланишида ойлик ёғинларнинг ҳиссаси кичиклигини кўрсатади. Бунинг асосий сабаби Писком ҳавзасида дарё оқимининг шаклланишида ёмғир сувлари ҳиссасининг кичиклиги билан изоҳланади.

Шу каби ҳолатларни икки ва уч ойлик курғоқчилик индекслари ўртасидаги боғланишлар натижаларида ҳам кўриш мумкин. SPI2÷SSI2 ва SPI3÷SSI3 орасидаги

корреляцион боғланишлар, мос равишда, март-апрель ( $r=0,45$ ) ва март-май ойлари ( $r=0,49$ ) учун энг юқори кўрсаткичга эга бўлган (1-жадвал). Бу ҳолат ҳавзада ёмғир шаклидаги атмосфера ёғинларининг асосан баҳор ойларига тўғри келишини ва шу даврдаги оқимнинг шаклланишига таъсир этганлигини билдиради. SPI÷SSI боғланишлар жадвалига эътибор қаратадиган бўлсак, 1-3 ойлик даврлардан 12 ойлик даврларгача корреляция коэффиценти кўрсаткичларининг ошиб борганлигини кўришимиз мумкин (1-жадвал).

Ишда Писком метеостанцияси SPI индекслари билан Угом дарёси оқими SSI индекслари орасидаги статистик боғланишлар ҳам аниқланди (2-жадвал). Писком дарёси каби, метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари 1 ойдан 12 ойлик индекслар учун январдан декабргача бўлган даврлар учун баҳоланди. Олинган натижалардан кўриниб турибдики, Писком дарёсидаги каби, SPI1 ва SSI1 боғланишлар учун ҳам энг кичик корреляция коэффицентлари аниқланди ( $-0,06 - 0,58$ ). Угом дарёсида SPI1÷SSI1 индекслар орасидаги боғланишларда нисбатан юқори қийматлар кузатилди ( $r=0,58$  март,  $r=0,51$  май, 2-жадвал). Мазкур индекс 1 ойлик боғланишларни ифодалагани учун, ушбу ойларда ёққан ёғиннинг шу ойларнинг ўзида дарё оқимига таъсир этиши билан изоҳланади.

2-жадвал

**Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишлар натижалари (Угом дарёси мисолида)**

Таблица 2

**Результаты статистических связей между метеорологическим (SPI) и гидрологическим (SSI) индексами засухи (на примере реки Угам)**

Table 2

**Results of statistical correlation between meteorological (SPI) and hydrological (SSI) drought indices (an example of the Ugam river)**

Ойлар	SPI1 ва SSI1	SPI2 ва SSI2	SPI3 ва SSI3	SPI4 ва SSI4	SPI5 ва SSI5	SPI6 ва SSI6	SPI7 ва SSI7	SPI8 ва SSI8	SPI9 ва SSI9	SPI10 ва SSI10	SPI11 ва SSI11	SPI12 ва SSI12
Январь	-0,06	0,14	0,31	0,47	0,42	0,30	0,30	0,30	0,40	0,49	0,67	0,67
Февраль	0,24	0,11	0,15	0,31	0,47	0,46	0,36	0,37	0,38	0,45	0,65	0,65
Март	0,58	0,53	0,46	0,45	0,53	0,62	0,60	0,52	0,48	0,43	0,50	0,50
Апрель	0,49	0,67	0,66	0,65	0,63	0,69	0,75	0,75	0,70	0,67	0,57	0,57
Май	0,51	0,62	0,73	0,73	0,74	0,73	0,80	0,82	0,83	0,80	0,71	0,71
Июнь	0,36	0,54	0,65	0,75	0,75	0,77	0,78	0,84	0,86	0,86	0,83	0,83
Июль	0,42	0,48	0,62	0,71	0,79	0,79	0,82	0,82	0,86	0,88	0,87	0,87
Август	0,25	0,45	0,46	0,62	0,73	0,81	0,81	0,83	0,83	0,88	0,89	0,89
Сентябрь	0,08	0,17	0,35	0,44	0,60	0,71	0,81	0,80	0,82	0,83	0,90	0,90
Октябрь	0,36	0,20	0,07	0,11	0,13	0,36	0,54	0,69	0,72	0,74	0,82	0,82
Ноябрь	0,41	0,53	0,40	0,21	0,15	0,14	0,31	0,45	0,60	0,64	0,72	0,72
Декабрь	0,26	0,38	0,49	0,41	0,25	0,21	0,19	0,31	0,43	0,58	0,68	0,68

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

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

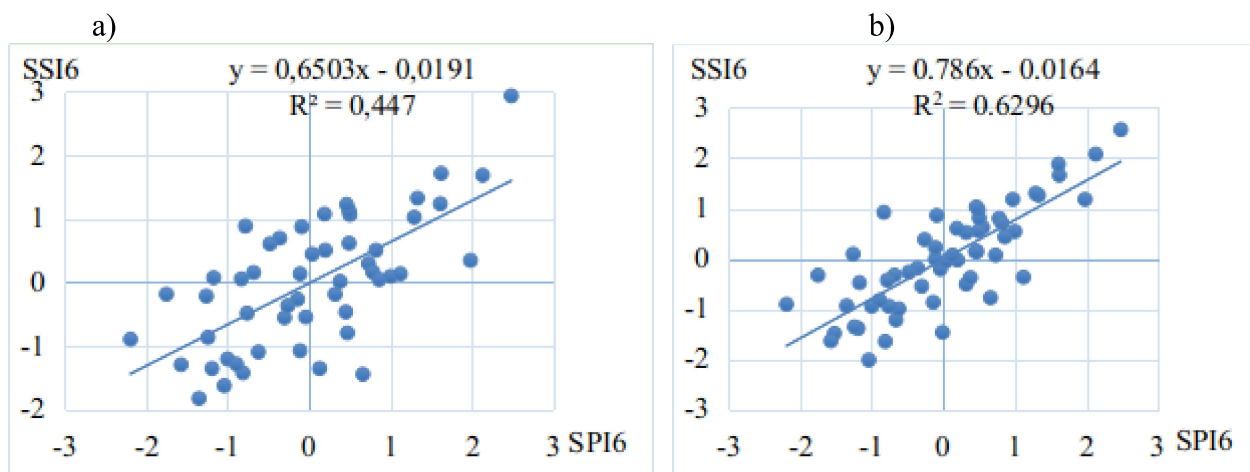
*Note:* colors indicate the level of correlation (red – low, green – high).

Статистик таҳлил натижаларидан кўриниб турибдики, ўзгарувчилар асосида аниқланган SPI2÷SSI2 қурғоқчилик индекслари орасидаги боғланишлар ҳам нисбатан

кичикроқ қийматларда олинди. Мазкур 2 ойлик индекслар орасида энг зич боғланишлар апрель-май ва март-апрель ойлари даврларига тўғри келиб, уларнинг қийматлари мос равишда  $r=0,62$  ва  $r=0,67$  га тенг бўлган (2-жадвал). Ундан кейинги, нисбатан зичроқ, боғланишлар февраль-март ва май-июнь ойлари даврларига тўғри келган (2-жадвал).

SPI÷SSI ўртасида статистик боғланишларнинг юқори қийматлари SPI5÷SSI5 дан SPI12÷SSI12 гача, муайян даврларда, қайд этилган. Хусусан, SPI5÷SSI5 қурғоқчилик индекслари ичида энг зич боғланишлар январь-май ойларидадан апрель-август ойлари оралиғидаги даврларда қайд этилган. Мазкур 4 та даврда корреляция коэффициентлари  $r=0,70$  дан юқори бўлган. SPI6÷SSI6 боғланишларида корреляция коэффициентлари  $r=0,70$  дан юқори бўлган 5 та даврда, 7, 8, 10 ва 11 ойлик қурғоқчилик индексларида 6 та даврни ва 9 ва 12 ойлик индексларда энг кўп - 7 та даврни ташкил этади. Корреляция коэффициентларининг энг юқори кўрсаткичи ( $r=0,90$ ) ҳам 12 ойлик индексларда гидрологик йилда, яъни октябрь-сентябрь ойлари даврида кузатилган.

Метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари ўртасида аниқланган энг зич боғланишларнинг баъзилари график кўринишда келтирилди (3-ва 4-расмлар). 3-расмда SPI6÷SSI6 ўртасида боғланишларнинг февраль-июль ойлари давридаги боғланиш графиклари ва уларнинг детерминация коэффициентлари ( $R^2$ ) акс этган.



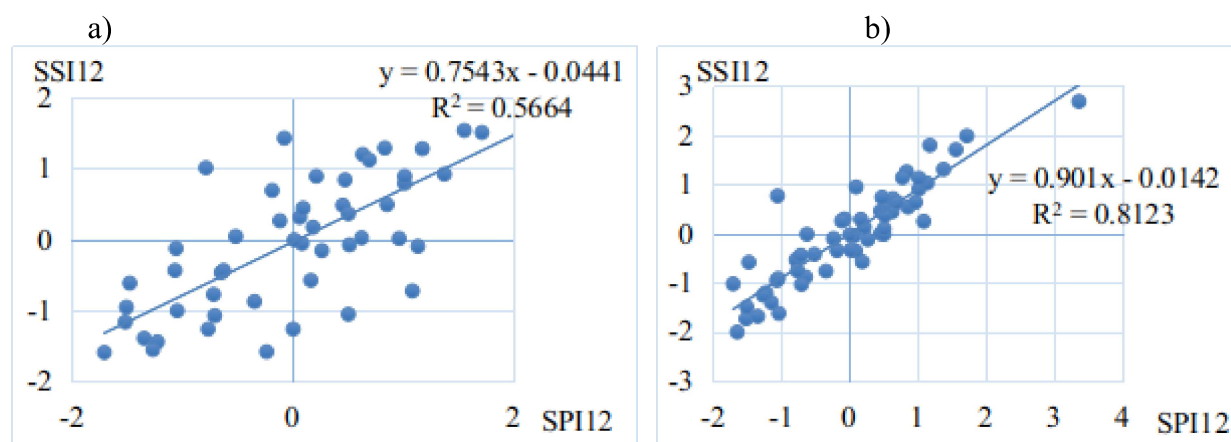
3-расм. SPI6 ва SSI6 индекслари орасидаги боғланишлар графиклари: а) Писком метеостанцияси ва Писком дарёси оқими бўйича; б) Писком метеостанцияси ва Угом дарёси оқими бўйича

Рис. 3. Графики связи между индексами SPI6 и SSI6: а) по метеостанции Пскем и стока реки Пскем; б) по метеостанции Пскем и стока реки Угам

Fig. 3. Graphs of the correlations of SPI6 and SSI6 indices: а) Pskem meteorostation and Pskem river runoff; б) Pskem meteorostation and Ugam river runoff

Шу каби графиклар 12-ойлик метеорологик ва гидрологик индекслар (SPI12÷SSI12) учун ҳам келтирилди (4-расм). Графиклардан кўришиб турибдики, SPI6÷SSI6 ва SPI12÷SSI12 орасидаги боғланишларда Угом дарёси бўйича Писком дарёсига нисбатан детерминация коэффициентлари юқори бўлган. Кузатилган давр бўйича SPI6÷SSI6 боғланишлар Писком дарёси бўйича  $R^2=0,45$  қийматда бўлган бўлса, Угом дарёси оқими билан боғланиш қиймати  $R^2=0,63$  га тенг бўлган. SPI12÷SSI12 нинг октябрь-сентябрь даврлари учун келтирилган графикда боғланишлар кўрсаткичлари SPI6÷SSI6 нисбатан юқори экинлигини кўриш мумкин, яъни Писком дарёси оқими

индекси бўйича  $R^2=0,57$  га, Угом дарёси оқими индекси бўйича эса  $R^2=0,81$  қийматларда бўлган (4-расм).



**4-расм. SPI12 ва SSI12 индекслари орасида боғланиш графиклари: а) Писком метеостанцияси ва Писком дарёси оқими бўйича; б) Писком метеостанцияси ва Угом дарёси оқими бўйича**

**Рис. 4. Графики связи между индексами SPI12 и SSI12: а) по метеостанцию Пскем и стока реки Пскем; б) по метеостанцию Пскем и стока реки Угам**

**Fig. 4. Graphs of the correlations of SPI6 and SSI6 indices: а) Pskem meteorostation and Pskem river runoff; б) Pskem meteorostation and Ugam river runoff**

Маълумки, метеорологик қурғоқчилик кузатилган йилларда ҳавзада гидрологик қурғоқчилик кузатилади. Писком дарёсида метеорологик қурғоқчилик билан гидрологик қурғоқчилик орасидаги боғлиқликнинг нисбатан кичик бўлганлигини ҳавзада мавжуд музликларнинг дарё оқими шаклланишидаги ҳиссаси билан изоҳлаш мумкин. Угом дарёсида эса Писком дарёсига нисбатан корреляция коэффиценти қийматларининг зичлиги дарё оқимининг ҳосил бўлишида атмосфера ёғинлари асосий ўринни эгаллашидан далолат беради.

Тадқиқот ишининг кейинги босқичида қурғоқчилик индекслари асосида кам сувли йилларда дарё оқимини прогнозлаш масалалари ўрганилди. Шу мақсадда, гидрологик қурғоқчиликни метеорологик қурғоқчилик индекслари орқали прогнозлаш имконини берувчи ёндашувдан фойдаланилди. Мазкур ёндашув, халқаро тадқиқотларда “hit-score” индекси деб номланган, “аниқланиш эҳтимоли” маъносини берувчи кўрсаткич ҳисобланади [Wilks, 2011].

Мазкур ёндашув асосида дарёда кузатилган кам сувли йилларни метеорологик қурғоқчилик индекси билан прогнозлаш имкони яратилади. Шу нуқтаи назардан, кам сувлилик ҳолатларини ойлик қурғоқчилик индекслари шартли оқими меъёрининг (мазкур ҳолатда индекс меъёрининг, яъни “0”) белгиланган фоиздан пастки чегараси билан аниқлаймиз. Ўзгарувчилар қаторида метеорологик қурғоқчилик индекси меъёрга нисбатан белгиланган фоиздан кам кузатилганда, метеорологик қурғоқчилик деб қабул қилинади. Дарё оқими индекси учун ҳам ушбу ёндашув тадбиқ этилади ва унда гидрологик қурғоқчилик чегараси аниқланади. Муайян таъминланишда қурғоқчилик чегаралари белгилаб олингандан сўнг, метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари солиштирилади. Агар метеорологик қурғоқчилик кузатилган даврда гидрологик қурғоқчилик ҳам кузатилган бўлса “1” қиймати берилади. Ва, аксинча, метеорологик

қурғоқчилик кузатилган даврда, гидрологик қурғоқчилик кузатилмаган бўлса, “0” билан белгиланади. Шу каби кодлаш қурғоқчилик индекслари вақт қаторлари учун ҳам амалга оширилади. Бунда ҳам кам сувлилик чегараси муайян таъминланиш фоизи билан белгиланади. Белгиланган чегара орқали кузатилган метеорологик ва гидрологик қурғоқчиликлар аниқланади. Агар кузатилган даврда қурғоқчилик бўлганда, кузатилган гидрологик қурғоқчиликлар йиғиндиси жами кузатилган метеорологик қурғоқчиликлар (ёки, метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, кузатилган ва кузатилмаган гидрологик қурғоқчиликлар йиғиндиси)га нисбати орқали “hit-score” қиймати аниқланади [Wilks, 2011]. Гидрологик ва метеорологик қурғоқчилик индекси вақт қаторлари бўйича бир хил миқдордаги қурғоқчилик ҳодисалари ҳосил бўлади. Ушбу кодланган вақт серияси билан “hit-score” индексиди фойдаланиладиган a, b, c ва d қийматлар қуйидаги жадвал ёрдамида аниқланди (3-жадвал).

3-жадвал

**“Hit-score” қийматини солиштириш жадвали**

Таблица 3

**Таблица сопряженности “hit-score”**

Table 3

**Contingency table of “Hit-score”**

Қийматлар		Кузатилган метеорологик қурғоқчилик (SPI)		
		Ҳа	Йўқ	Жами
Прогноз қилинган гидрологик қурғоқчилик (SSI)	Ҳа	a	b	a+b
	Йўқ	c	d	c+d
	Ҳаммаси	a+c	b+d	a+b+c+d

Жадвалда: “a” метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, гидрологик қурғоқчилик кузатилганини билдиради; “b” метеорологик қурғоқчилик кузатилмаганда гидрологик қурғоқчилик кузатилганини билдиради; “c” метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, гидрологик қурғоқчилик кузатилмаганлигини билдиради; “d” метеорологик қурғоқчилик кузатилмаганда, гидрологик қурғоқчилик кузатилмаганлигини билдиради. a+c эса метеорологик қурғоқчилик кузатилганда, содир бўлган ва бўлмаган гидрологик қурғоқчиликларни ёки, бошқача айтганда, кузатилган метеорологик қурғоқчиликлар йиғиндиси ҳисобланади.

Ишда “hit-score” қуйидагича аниқланди [Haslenger, 2014]:

$$H = \frac{a}{a + c}. \quad (4)$$

Мазкур ифода метеорологик қурғоқчилик индекслари орқали гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш имконини беради. Гидрологик қурғоқчилик прогнози аниқлиги энг юқори 1 ёки, аксинча, 0 қийматлари оралиғида ўзгаради.

Ишнинг кейинги босқичида, “hit score”ни ҳисоблаш мақсадида 54 йиллик вақт қаторлари SPI ва SSI индексларининг 70, 80, 90 ва 95% ларда таъминланиши қийматлари (қурғоқчилик чегараси) аниқлаб олинди. Таъкидлаш жоизки, индексларнинг ушбу таъминланишлардан кичик қийматларида ҳавзада турли даражада қурғоқчилик ҳодисаси кузатилган деб қабул қилиш мумкин. Сўнгра, белгиланган чегарадан кичик қийматлар сони метеорологик ва гидрологик индекслар учун аниқланди ва “hit-score” қиймати (4) формула бўйича аниқланди. 4-жадвалда Писком ва Угом дарёлари бўйича қурғоқчилик индексларининг 70, 80, 90, 95% таъминланишларида аниқланган “hit-score” қийматлари

келтирилган. Ҳисоблашлар метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индексларининг энг юкори боғланишли даврлари 6 (II-VII) ва 12 ой (X-IX) бўйича амалга оширилди.

4-жадвал

**SPI ва SSI индексларининг турли таъминланишлардаги “hit-score” қийматлари**

Таблица 4

**Значения “hit-score” при различной обеспеченности индексов SPI и SSI**

Table 4

**"Hit-score" values in different probability of SPI and SSI indices**

SPI ва SSI таъминланиши, %	Писком MC ÷ Писком-Муллала қ.							
	SPI6÷SSI6 (II-VII)				SPI12÷SSI12 (X-IX)			
	a	c	a+c	hit-score	a	c	a+c	hit-score
70	9	7	16	0,56	11	4	15	0,73
80	6	5	11	0,55	6	4	10	0,6
90	1	5	6	0,17	3	2	5	0,6
95	0	3	3	0	2	1	3	0,67
SPI ва SSI таъминланиши, %	Писком MC ÷ Угом-Хожикент қ.							
	SPI6 ÷ SSI6 (II-VII)				SPI12÷SSI12 (X-IX)			
	a	c	a+c	hit-score	a	c	a+c	hit-score
70	12	6	18	0,67	14	3	17	0,82
80	7	5	12	0,58	10	2	12	0,83
90	2	4	6	0,33	4	2	6	0,67
95	1	2	3	0,33	2	1	3	0,67

Таъминланиш фоизлари қурғоқчилик ходисаларининг чуқурлашув даражасини билдиради (4-жадвал). Улар фоизларининг ортиб бориши билан қурғоқчилик қаттиқлиги даражасининг ҳам ортиб борганлигини акс эттириди ва уларнинг кузатилиши нисбатан кам бўлиши табиийдир. Писком дарёси ҳавзасида SPI6-SSI6 ўртасида “hit-score” қийматлари “0,56” дан “0” гача камайиши кузатилган. Ҳавзада гидрологик йил учун SPI12 - SSI12 индекслари асосида аниқланган “hit-score” (0,60 – 0,67 оралиғида) 6 (II-VII) ойлик қийматлар асосида аниқланган натижаларга нисбатан каттарок.

Угом дарёси учун кам сувли йилларни аниқлашда Писком дарёси натижаларига нисбатан ҳам аниқроқ натижалар олинди. Жумладан, Угом дарёси 6 (II-VII) ойлик “hit-score” (SPI6-SSI6) қийматлари белгиланган таъминланишларда 0,67-0,33 оралиғида бўлган бўлса, гидрологик йил учун мазкур кўрсаткичлар 0,82-0,67 ни ташкил этди. Натижалар шуни кўрсатадики, метеорологик қурғоқчилик (SPI) билан гидрологик қурғоқчилик (SSI) индекслари ўртасида статистик боғланишлар ва махсус ёндашувлар келажакда ўрганилаётган дарё ҳавзасида гидрологик қурғоқчиликни прогнозлаш услубларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш имконини беради. Кейинги ишларда метеорологик ва гидрологик қурғоқчилик индекслари ўртасида статистик боғланишларни силжитишлар усули ёрдамида аниқлаш кўзда тутилган. Силжитишлар усули орқали гидрологик қурғоқчиликни эрта аниқлаш мумкин бўлади.

**Хулоса.** Олинган натижаларнинг таҳлиллари асосида қуйидагилар аниқланди:

1. Писком ва Угом дарёлари ҳавзасига ёққан атмосфера ёғинлари дарёлар оқимида тўғридан-тўғри таъсир қилиб, ушбу алоқадорлик дарёлар оқимини атмосфера ёғинларига боғлиқ ҳолда прогнозлаш имкониятини беради.

2. Метеорологик (SPI) ва гидрологик (SSI) қурғоқчилик индекслари орасидаги статистик боғланишларни ифодаловчи корреляция коэффициентлари қийматларининг дарёларнинг тўйиниш манбаларига боғлиқлиги ҳамда Угом дарёси бўйича аниқланган

курғокчилик индекслари ўртасида корреляция коэффициентларининг Писком дарёсига нисбатан юқори эканлиги аниқланди.

3. Курғокчилик индекслари SPI ва SSI оралиқ даврларининг ортиб бориши билан, улар ўртасидаги корреляция коэффициентлари қийматларининг ҳам ортиб бориши кузатилди. Ҳар иккала дарёда ҳам 6-12 ойлик курғокчилик индекслари орасида корреляция коэффициентлари катта қийматларга эга эканлиги аниқланди. Мазкур курғокчилик индексларининг юқори боғлиқликка эга даврлари дарёлар ҳавзасида намликнинг тўпланиши ва сарфланиши кузатиладиган оралиқни тўлиқ ёки қисман қамраб олади.

4. Метеорологик курғокчилик (SPI) ва гидрологик курғокчилик (SSI) индекслари ўртасидаги статистик боғланишларнинг корреляция коэффициентлари қийматининг катталиги ва ишда қўлланилган “hit-score” ёндашувлари натижалари, келажақда, дарё ҳавзасида гидрологик курғокчиликни прогнозлаш усуллари яратиш имкониятларини беради.

5. Ушбу тадқиқот натижалари келажақда гидрологик курғокчиликни прогнозлаш услубларини яратиш ва шу орқали қишлоқ хўжалиги ва энергетика соҳалари учун зарур тавсиялар ишлаб чиқиш имконини беради.

**Муаллифлар хиссаси:** **Ғ.Ў. Умирзаков:** мақола ғоясини аниқлаштириш, методология, объектни танлаш, натижалар таҳлили, натижаларни текшириш, раҳбарлик; **К.Р. Раҳмонов:** мақола ғояси, натижалар таҳлили, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **Н.О. Омонов:** мақола ғоясини қўллаш, маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш, натижалар таҳлили. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тавсия этилган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розилиқларини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

*Агальцева Н.А., Пак А.В., Новикова В.А.* Гидрологическая засуха в Узбекистане, анализ причин и возможности прогнозирования // Труды Научно-исследовательского гидрометеорологического института. – Ташкент: Вып. 12(257). 2010. – С. 55-63.

*Алексеев Г.А.* Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 363 с.

*Свобода М., Хайес М., Вуд Д.* Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков. – ВМО, Женева, 2012 (1090). – 36 с.

*Хикматов Ф.Х., Тургунов Д.М.* Маловодные годы на горных реках, вопросы расчета их нормы и параметров углубления // Весник НУУз. № 3/1. Естественные науки. – Ташкент, 2017. – С. 330-335.

*Хикматов Ф.Х., Айтбоев Д.П.* Гидрометеорологияда статистик усуллар. – Тошкент: Университет, 2007. – 88 б.

*Чуб В.Е.* Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: Voris-nashriyot, 2007. – 132 с.

*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.

*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

*Guo H., Bao A., Ndayisaba F., Liu T., Jiapaer G., El-Tantawi A.M. and 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.

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

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

Li Z., Chen Y., Fang G., Li Y. Multivariate assessment and attribution of droughts in Central Asia // *Science Report*, 7, 2017. – PP. 1316-1324

McKee, Thomas B., Nolan D., John K. The relationship of drought frequency and duration to time scales / *Proceedings of the 8<sup>th</sup> 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.

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

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.

Svoboda M.D., Brian A.F. *Handbook of drought indicators and indices*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2016.

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

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. – P. 495-507.

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ И ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАСУХОЙ

Г.У. УМИРЗАКОВ<sup>1</sup>, К.Р. РАХМОНОВ<sup>1</sup>, Н.О. ОМОНОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,  
g.umirzakov@gmail.com, komiljons@mail.ru, oomonov506@gmail.com

**Аннотация.** В статье изучены статистические связи между метеорологической и гидрологической засухой на примере рек Пскем и Угам. В работе использованы стандартные гидрометеорологические данные об атмосферных осадках, наблюдаемых на метеостанции Пскем и среднемесячных расходах воды, измеренных на реках Пскем и Угам. Индексы метеорологической засухи (SPI) и гидрологической засухи (SSI) рассчитывались с помощью компьютерной программы SPI generator. Статистические связи между индексами SPI и SSI для выбранных рек вычислялись по коэффициенту корреляции Пирсона. Определены значения «hit-score», которые позволяют прогнозировать гидрологическую засуху на выбранный период на основе метеорологической засухи. Результаты показали, что имеется возможность использования метода «hit-score» при прогнозировании гидрологической засухи.

**Ключевые слова:** река, речной бассейн, атмосферные осадки, расходы воды, индексы засухи SPI и SSI, статистическая корреляция, коэффициент корреляции, метод «hit-score», прогнозирование.

## STATISTICAL ASSESSMENT OF THE CORRELATIONS BETWEEN METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL DROUGHT

G.U. UMIRZAKOV<sup>1</sup>, K.R. RAKHMONOV<sup>1</sup>, N.O. OMONOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,  
g.umirzakov@gmail.com, komiljons@mail.ru, oomonov506@gmail.com

**Abstract.** The article studies statistical correlations between meteorological and hydrological drought on the example of the Pskem and Ugam rivers. In this research standard hydrometeorological

*data on precipitation observed at the Pskem meteorological station and mean monthly water discharges measured on the Pskem and Ugam rivers were used. The meteorological drought indices (SPI) and hydrological drought indices (SSI) were calculated using SPI generator computer program. Statistical relations between SPI and SSI indices for the selected rivers were estimated on Pearson correlation coefficient. The "hit-score" values, that allow predicting hydrological drought for selected period based on meteorological drought, were determined, The results showed that there is a possibility of using the hit-score method for predicting hydrological drought.*

**Keywords:** river, river basin, precipitation, water discharge, SPI and SSI drought indices, statistical correlation, correlation coefficient, hit-score method, forecasting.

## REFERENCES

*Agal'tseva N.A., Pak A.V., Novikova V.A. Hidrologicheskaya zasuha v Uzbekistane, analiz prichin i vozmoonosti prognozirovaniya [Hydrological drought in Uzbekistan, analysis of the causes and possibilities of forecasting] // Trudy Nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta. – Tashkent: Vyp. 12(257). 2010. – S. 55-63. (in Russian)*

*Alekseyev G.A. Ob'yektivniye metodi vyravnivaniya i normalizatsii korrelyatsionnih svyazey [Objective methods of alignment and normalization of correlations]. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 363 s. (in Russian)*

*Svoboda M., Khayyes M., Vud D. Rukovodstvo dlya pol'zovateley standartizirovannogo indeksa osadkov [Guidance for users of the standardized precipitation index]. – VMO, Jeneva, 2012 (1090). – 36 s. (in Russian)*

*Khikmatov F.Kh., Turgunov D.M. Malovodnie godi na gornikh rekah, voprosi rascheta ih normi i parametrov uglubleniya [Low-water years in mountain rivers, issues of calculating their rates and deepening parameters] // Vesnik NUUZ. № 3/1. Yestestvennye nauki. – Tashkent, 2017. – S. 330-335. (in Russian)*

*Khikmatov F.Kh., Aytboyev D.P. Gidrometeorologiyada statistik usullar [Statistical methods in hydrometeorology]. – Toshkent: Universitet, 2007. – 88 b. (in Uzbek)*

*Chub V.Ye. Izmeneniye klimata i ego vliyaniye na gidrometeorologicheskiye protsessi, agroklimaticheskiye i vodnye resursy Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. – Tashkent: Voris-nashriyot, 2007. – 132 s. (in Russian)*

УДК: 551.573:631.67

## ОЦЕНКА РАСЧЁТНОГО ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

М.Л. АРУШАНОВ<sup>1</sup>, Г.М. ХАМДАМОВА<sup>1,2\*</sup>, А.И. ВДОВЕНКО<sup>2</sup>,  
Х.Д. ОДИЛОВ<sup>2</sup>, Т.У. АПАКХУЖАЕВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

<sup>2</sup> Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, gkhamdamova81@gmail.com

<sup>3</sup> Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

**Аннотация.** В статье выполнена количественная оценка испарения с почвы по расчётному методу Мезенцева в сравнении с данными, измеренными весовым испарителем ГГИ-500. Приведены результаты расчётов обеспеченности максимальных сумм годовых испарений на основе эмпирических данных в сравнении с аналогичными с использованием гамма- и

\* Ответственный автор: gkhamdamova81@gmail.com, тел.: +998 91 1903791