

---

**АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ /  
МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ /  
ENVIRONMENTAL MONITORING**

---

УДК: 556.51+550.42

**ПИСКОМ ДАРЁСИ ҲАВЗАСИДА СУВНИНГ СТАБИЛ ИЗОТОПЛАРИ  
МИҚДОРНИНГ ЎЗГАРИШЛАРИ****Ғ.Ў. УМИРЗАҚОВ<sup>1,4\*</sup>, Т. САКС<sup>2</sup>, А. КАЛВАНС<sup>3</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>4,1</sup>,  
С.Р. ИСАБЕКОВ<sup>4</sup>**<sup>1</sup> Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети, g.umirzakov@nuu.uz<sup>2</sup> Фрибург Университети, Швейцария, tomas.saks@unifr.ch<sup>3</sup> Латвия давлат университети, andis.kalvans@lu.lv<sup>4</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, b.nishonov@mail.ru,  
serikisabekov5858@gmail.com

**Аннотация:** Мақолада Писком дарёси ҳавзасида атмосфера ёгинлари ва турли оқим компонентлари сувнинг изотопик таркиби ўрганилган. Дарё ҳавзасида олиб борилган дала тадқиқотлари давомида атмосфера ёгинлари, дарё оқими, музлик ва қордан олинган намуналарнинг изотоп кўрсаткичлари халқаро стандартларга мос изотоплар лабораториясида аниқланган. Намуналар  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  изотоп қийматларининг Глобал метеорик сув чизигида жойлашуви таҳлил қилинган ҳамда оқимнинг турли компонентлари изотоп қийматларининг вақт ва ҳудуд бўйича ўзгаришлари ўрганилган.

**Калим сўзлар:** дарё ҳавзаси, изотоп гидрологияси, сувнинг стабил изотоплари,  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$ , глобал метеорик сув чизиги, маҳаллий метеорик сув чизиги, Писком дарёси.

**Кириш.** Ўрта Осиё дарёларида оқим асосан Тяньшан ва Помир тоғларидаги қор ва музликларнинг эриши натижасида ҳосил бўлади. Минтақада ўтган асрнинг 70-йилларидан музликларнинг чекиниши [Hoelzle et al., 2017; Farinotti 2015] ва қор копламининг қисқариши [Aizen et al., 1996, 1997; Чуб, 2007] кузатила бошланди. Яқин келажакда музликлар эришишининг кучайиши баҳор ва ёз ойларида дарёлар оқимининг ортишига олиб келиши мумкин. XXI асрнинг иккинчи ярмида музликлар майдонининг кескин қисқариши натижасида ёз ойларида дарё оқимининг сезиларли даражада камайиши кутилмоқда. Дарё оқимининг камайиши қишлоқ хўжалиги, маиший сув истеъмоли ва экотизимларга салбий таъсир қилади. Барқарор сув бошқарувини таъминлашда дарёлар гидрологик режимини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади.

Халқаро гидрологик тадқиқотларда сувнинг стабил изотопларидан (дейтерий –  $^2\text{H}$  ва кислород-18 –  $^{18}\text{O}$ ) турли оқим манбалари, хусусан, музлик, қор, ёгинлар ва ер ости сувларининг дарё оқимига қўшган ҳиссасини баҳолашда асосий индикатор сифатида фойдаланилади (Aizen et al., 1996; Meier et al., 2013; Mook and De Vries, 2000). Оқим ҳосил бўлишини баҳолашнинг мавжуд анъанавий усули – гидрографни вертикал ажратиш усули анча ноаниқ ва давом этаётган иқлим ўзгариши шароитида янада кўпроқ хатоликларга олиб келиши мумкин. Стабил изотоплардан фойдаланиш гидрографни вертикал ажратиш усулидаги ноаниқликларини камайтириш учун фойдали ёндашув бўлиши мумкин (Regan

---

\* Масъул муаллиф: g.umirzakov@nuu.uz, тел. +998 97 401-02-83

et al., 2017; Ma et al., 2017). Халқаро атом энергияси бўйича агентлик (ХАЭА) Жаҳон метеорология ташкилоти (ЖМТ) билан ҳамкорликда Ёғинлардаги изотоплар глобал тармоғи – ЁИГТ (Global Network of Isotopes in Precipitation – GNIP) ташкил этган [<https://www.iaea.org/services/networks/gnip>]. ЁИГТ доирасида дунёнинг турли ҳудудларида ёғинларлардаги стабил изотопларнинг узок муддатли мониторинги олиб борилади. Аммо Ўрта Осиё ҳудудида ҳозирга кунга қадар доимий кузатувлар йўлга қўйилмаган (Meier et al., 2013).

Ушбу тадқиқотнинг **мақсади** Писком дарёси ҳавзасида атмосфера ёғинлари ва оқимни ташкил қилувчи турли компонентларининг сув стабил изотоплари қийматларини тавсифлаш ва уларнинг хусусиятлари ўрганишдан иборат. Тадқиқот объекти Писком дарёси ҳавзаси, хусусан унинг Ойгаинг ирмоғидаги Барқироксой ҳавзаси бўлиб, тадқиқот предмети ҳавзадаги сув манбаларининг изотоп қийматларини ўрганиш ҳисобланади. Мазкур иш танланган дарё ҳавзасида дарёлар тўйиниш манбалари ҳиссаларини аниқлашда зарур бўладиган стабил изотоплар нисбатлари ҳақида бирламчи маълумотлар олиш бўйича бажарилган дастлабки тадқиқот ишидир.

#### **Тадқиқот объектининг қисқача тавсифи.**

**Писком дарёси ҳавзаси.** Писком дарёси Чирчиқ дарёсининг асосий ирмоқларидан бўлиб, унинг ҳавзаси Тянь-Шан тоғ тизмасининг шимолий-ғарбий қисмида жойлашган. Писком дарёсининг узунлиги 70 км, дарё ҳавзаси майдони 2830 км<sup>2</sup>, дарё ҳавзасининг ўртача баландлиги 2740 м ни ташкил этади. Писком дарёси ўз сувини Чорвоқ сув омборига қуяди. Писком дарёси қор, ёмғир, музлик ва ер ости сувларидан тўйинади. Писком ҳавзасининг йиллик сув ҳажми ўртача 2,148 км<sup>3</sup> ёки 76,7 м<sup>3</sup>/с, ўртача оқим модули 30,2 л/сек· км<sup>2</sup> ёки оқим қалинлиги 852 мм/йил ни ташкил этади [Чуб, 2007].

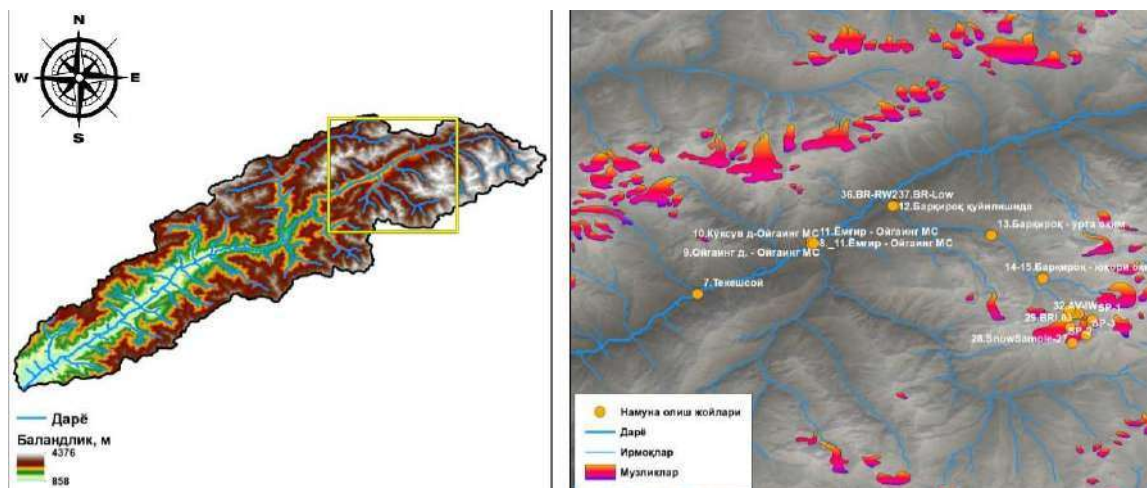
Писком дарёси ҳавзаси шимолий-шарқдан жанубий-ғарбга томон тўғри йўналган ва Ўрта Осиё тоғли ҳудудларига ғарб ва жанубий-ғарбдан кириб келувчи нам ҳаво массаларига очиқ ҳисобланади. Бу каби жойлашув нам ҳаво массаларининг дарё ҳавзалари юқори қисмига кириб келишига ва баланд тизмаларда тутилиб қолишига имконият яратади. Айнан шунинг учун Писком дарёси ҳавзаси Ғарбий Тяньшан ҳудудидаги энг намгарчил ҳавза ҳисобланади. Ҳавзада ёғингарчилик миқдори 800-1200 мм оралиғида тақсимланади [Шетинников, 1976].

Шетинников маълумотларига кўра, Писком ҳавзаси музликларининг умумий майдони 121 км<sup>2</sup> ни ташкил этган [Шетинников, 1976]. Сўнгги тадқиқотлар ҳавзада музликлар майдонни 14,4 фоизга камаганини кўрсатади [Кудишкин ва бошқалар, 2014]. Асосан қор ва музликлардан тўйинувчи Писком дарёсида тўлин сув даври одатда апрель ва май ойларида бошланади ва сентябрь ойига қадар давом этади. Қор эришининг энг юқори чўққиси одатда июнь ойида кузатилади. Июль ва август ойларида асосан музликларнинг эриши устунлик қилади ва бу даврда одатда дарёнинг максимал оқими кузатилади. Сентябрь-октябрь ойларида дарё оқими пасаяди, қишда эса дарё оқими асосан ер ости сувлари ҳисобига тўйинади.

#### **Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари.**

**Дала тадқиқот ишлари ва намуналар олиш.** Тадқиқот давомида 2018 йил ва 2019 йилнинг август ойларида Писком дарё ҳавзасида дала-экспедиция ишлари олиб борилди. Дала-экспедиция ишининг асосий мақсади сувнинг стабил изотоплари қийматларини аниқлаш учун дарё оқимининг турли компонентларидан намуналар олишдан иборат. Шу мақсадда музлик, қор, дарё суви ва ёмғир каби турли оқим манбаларидан сув намуналари олинди (1-расм). Тадқиқот давомида стабил изотоплар таҳлил учун 120 та сув намунаси олинди. Сув намуналари ёғинлар, қор ва муз ҳамда унинг эриган сувлари, дарё ва унинг ирмоқлари оқимларидан иборат. Сув намуналари пластик қопқоқли изотоп таҳлили учун махсус идишга йиғилди ва буғланишни олдини олиш мақсадида лаборатория парафильми билан ўралди. Оқим сувлари Писком ва

Ойгаинг дарёлари ҳамда Барқироқсой оқими намуналарини, шунингдек, музлик устида шаклланган оқимни ўз ичига олади. Барқироқ музлиги моренаси ва абляция зонаси юзасидаги қор намуналари, Барқироқ музлигининг аккумуляция зонасидаги йиллик қор қатламлари намуналари, музликнинг абляция зонаси юзасидан муз намуналари каттароқ идишларга олинди ва улар табиий эригандан сўнг махсус изотоп идишларига таҳлил учун намуналар олинди. Олинган намуналар изотоплар таҳлили лабораториясига жўнатилгунига қадар салқин жойда сақланди.



1-расм. Писком дарёси хавзаси ва намуналар олинган жойлар

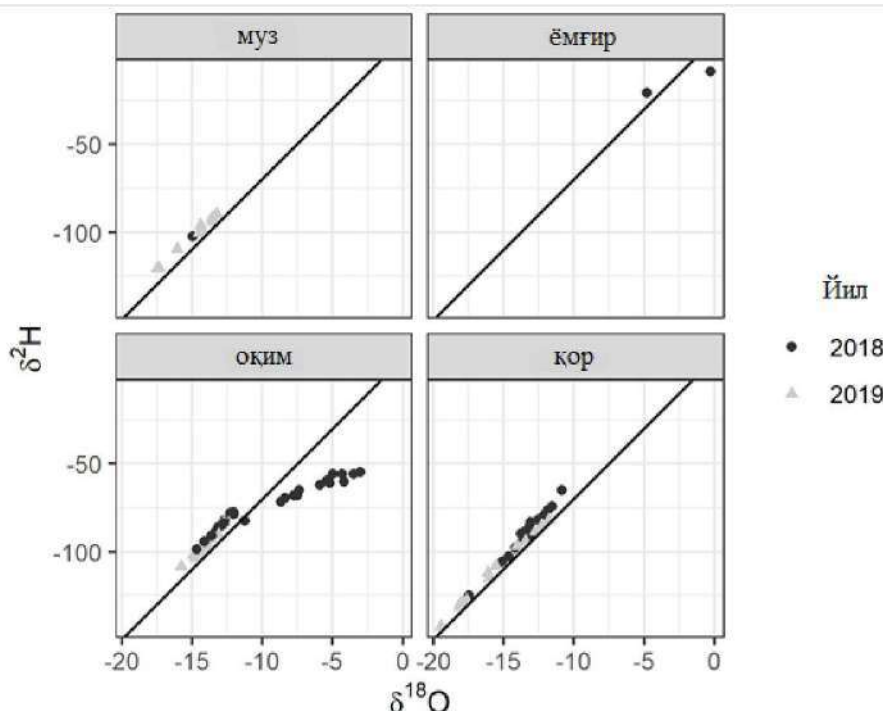
Рис 1. Бассейн реки Пскем и места отбора проб

Figure 1. Pskem River Basin and sampling locations

**Стабил изотоплар таҳлили.** Сув намуналари Латвия университети География ва Ер фанлари факультетининг Атроф-муҳит мониторинги лабораториясида водород ва кислороднинг стабил изотоплари қийматларини аниқлаш мақсадида таҳлил қилинди. Ушбу лаборатория халқаро стандартларга мос келади ва 2016 йилда ХАЭА томонидан сувнинг стабил изотопларини аниқлаш бўйича малака синовларидан муваффақиятли ўтган [Wassenaar et al., 2018]. Сув намуналари изотоплари қийматлари Океан сувининг ўртача Вена стандартлари (Vienna Standart Mean Ocean Water) га нисбатан ( $\delta$ -қийматда) аниқланди [Creag, 1961]. Водород ва кислороднинг иккала изотоплари нисбати лазерли спектроскопия усулида Picarro-L2120-*i* сув изотоплари анализаторида ўлчанди. Мазкур қурилмада стабил изотоплар  $\delta^{18}\text{O}$  учун  $\pm 0,1\%$  ва  $\delta^2\text{H}$  учун  $\pm 1\%$  аниқликда ўлчанади. Сув намуналарини олиш ва лабораторияда қайта ишлаш ХАЭА томонидан ишлаб чиқилган халқаро миқёсда қабул қилинган йўриқномлар асосида амалга оширилди.  $d$ -excess (дейтерий орттирмаси)  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  нисбатларининг глобал метеорик сув чизиғи (ГМСЧ)дан оғишини билдириб, унинг қиймати  $d\text{-excess} = \delta^2\text{H} - 8\delta^{18}\text{O}$  [Creag, 1961] ифодаси ёрдамида аниқланди.

**Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси.**

**Турли сув манбаларининг изотоп қийматлари.** Олинган сув намуналарининг изотоп қийматлари  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  учун мос равишда  $-124,7\%$  ва  $-17,4\%$  (қор намуналари)дан  $-8,71\%$  ва  $-0,28\%$  (ёзги ёмғир)гача ораликда ўзгаради. Сув намуналарининг аксариятида (эриган муз, ёмғир, ер усти сув оқими ва эриган қор) изотоплар қиймати ГМСЧнинг юқори қисмида жойлашганлиги кузатилди (2-расм). Писком дарёси хавзасида турли сув намуналарининг изотопик қийматларининг тақсимланиши 2-расмда ва 1-жадвалда кўрсатилган.



2-расм. Сув намуналари стабил изотоплари қийматларининг ГМСЧ га нисбатан жойлашуви

Рис 2. График значений стабильных изотопов проб воды относительно ГЛМВ

Fig 2. Graph of stable isotope values of water samples relative to GMWL

Оқим намуналарининг баъзилари ГМСЧ дан оғанлигини кўриш мумкин, яъни  $\delta^{18}\text{O}$  изотоплари  $\delta^2\text{H}$  га қараганда нисбатан кўпроқ ортган. Бундай ҳолат одатда буғланиш жараёни юз берганлигидан далолат беради. Буғланиш эффекти дарё сувида ва музли сувнинг эришида кузатилган (3-, 4-расм). Ёзги ёмғир намуналарини ҳисобга олмаганда, буғланишни кўрсатадиган изотопик белгилар диапазони  $\delta^2\text{H}$  изотоплари учун  $-74,0\text{‰} \div -53,0\text{‰}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  учун  $-11,26\text{‰} \div -3,02\text{‰}$  ни ташкил этади. Мазкур буғланган намуналар учун d-орттирмаси  $-30,5\text{‰}$  дан  $7,8\text{‰}$  қийматлар оралиғида бўлганлиги аниқланди (1-жадвал).

1-жадвал

Олинган сув намуналари изотоп қийматларининг умумлаштирилган статистик таҳлили

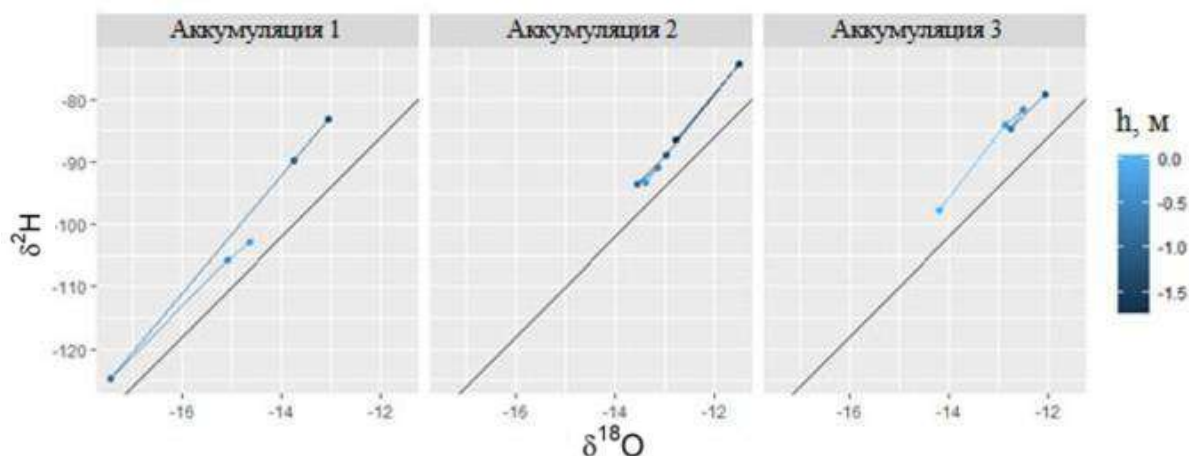
Таблица 1

Сводный статистический анализ значений изотопов полученных проб воды

Table 1

Summary statistical analysis of isotope values of the obtained water samples

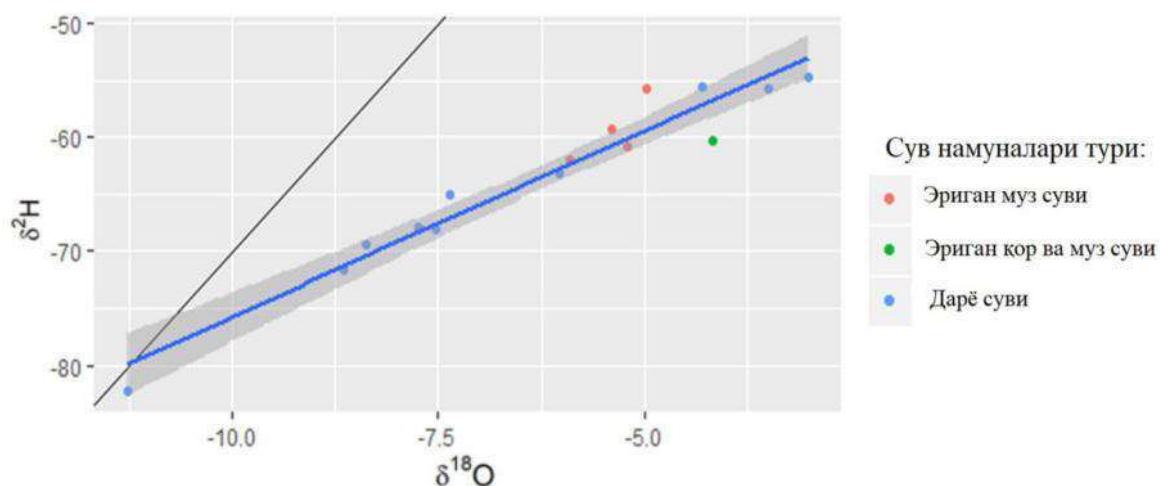
Намуна тури	Н	$\delta^{18}\text{O}, \text{‰}$			$\delta^2\text{H}, \text{‰}$			d-excess, ‰		
		Ўрт	Мин	Мах	Ўрт	Мин	Мах	Ўрт	Мин	Мах
Ёмғир	2	-2,55	-4,81	-0,28	-14,7	-20,7	-8,7	5,7	-6,5	17,8
Қор	35	-14,20	-19,48	-10,85	-97,7	-142,3	-64,9	15,8	12,4	21,9
Муз	11	-14,81	-17,49	-13,24	-101,4	-120,7	-89,6	17,0	13,5	19,2
Оқим, табиий	57	-13,92	-15,76	-12,02	-94,2	-108,4	-77,5	17,2	14,0	20,3
Оқим, буғланган	15	-6,32	-11,26	-3,02	-63,5	-82,3	-54,7	13,0	-30,5	7,8



3-расм. Баркироқ музлиги аккумуляция зонаси қор қатлаидан олинган намуналарнинг изотоп қийматлари

Рис 3. Изотопные значения проб снежного профиля зоны аккумуляции ледника Баркрак

Fig 3. Isotopic values of samples from snow profile of accumulation zone of Barkrak glacier



4-расм. Буғланиш эффекти мавжуд бўлган намуналарнинг изотоп қийматлари

Рис 4. Изотопные значения образцов с эффектом испарения

Fig 4. Isotopic values of samples with evaporation effect

Изотоп нисбатларида буғланиш белгиси бўлган барча намуналар бир хил чизикда жойлашган, унинг регрессия қиялиги 3,27 ва кесишиши -43,1% ( $R^2 = 0,935$ ,  $n = 15$ ) (4-расм). Расмда келтирилган чизик август ойидаги шароитларни ифодаловчи маҳаллий буғланиш чизиғидир. Бу каби буғланиш чизиғи ҳавонинг нисбий намлиги паст бўлган қурғоқчил ҳудудлар учун хос.

**Маҳаллий метеорик сув чизиғини ҳисоблаш.** Метеорик, яъни атмосфера сувида  $\delta^{18}\text{O}$  ва  $\delta^2\text{H}$  орасидаги боғланишлар океан денгиз сувидан буғланиш ва буғнинг конденсацияланиши ўртасидаги кислород ва водород изотопларининг массага боғлиқ фракцияланишидан келиб чиқади (Craig, 1961). Кислород изотоплари ( $^{18}\text{O}$  ва  $^{16}\text{O}$ ) ва водород изотоплари ( $^2\text{H}$  ва  $^1\text{H}$ ) ҳар хил массага эга бўлганлиги сабабли, уларнинг

буғланиши ва конденсацияланиши жараёнларида турлича ҳаракат қилади ва шунинг учун  $^{18}\text{O}$  ва  $^{16}\text{O}$ , шунингдек,  $^2\text{H}$  ва  $^1\text{H}$  ўртасидаги фракцияланишга олиб келади.

Маҳаллий метеорик сув чизиғи (ММСЧ) ва маҳаллий буғланиш чизиғи (МБЧ)нинг чизиқли регрессия тенгламалари тегишли стандарт хатоликлари билан аниқланди (2-жадвал).  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  боғланишлари асосида аниқланувчи ММСЧ Писком дарёси учун нишаблик  $7,60 \pm 0,13$  ва кесишув  $11,0 \pm 1,8$  қийматларда аниқланди. Олинган ММСЧ қийматлари қурғоқчил иқлимли ҳудудлар ҳолатини акс эттиради.

2-жадвал

**Маҳаллий метеорик сув чизиғи ва маҳаллий буғланиш чизиғи статистик кўрсаткичлари**

Таблица 2

**Статистические показатели местной линии метеорной воды и локальной линии испарения**

Table 2

**Statistical indicators of Local Meteoric Water Line and Local Evaporation Line**

	Тенглама	$r^2_{\text{adjust}}$	p-value	N
ММСЧ	$\delta^2\text{H} = 7,60 \pm 0,13 \delta^{18}\text{O} + 11,0 \pm 1,8$	0,971	<0,01	105
МБЧ	$\delta^2\text{H} = 3,24 \pm 0,24 \delta^{18}\text{O} - 43,1 \pm 1,6$	0,929	<0,01	15

2-жадвалдаги тенгламалардан ММСЧ глобал метеорик сув чизиғига ўхшаш нишабликка эга эканлигини, лекин юқори  $\delta^2\text{H}$  қийматлари томон силжишини кўриш мумкин. Буғланиш таъсирида сув намуналари бир хил буғланиш чизиғи бўйлаб жойлашган, бунинг сабаби намуналарнинг барчаси бир йилги дала ишлари вақтида олинганлиги билан изоҳлаш мумкин. Шу туфайли ушбу МБЧни бутун минтақа учун ҳосил деб қабул қилиш тўғри бўлмайди. Ҳудуд учун мос МБЧни топиш учун бир неча йиллик тадқиқотлар натижаларига асосланиши мақсадга мувофиқ. Қор ва муз намуналари қишки ёғингарчиликни ифодалайди ва икки дала мавсумида тўпланган намуналар орасида сезиларли фарқ кузатилмайди.

Таққослаш учун, ММСЧ глобал ёғингарчилик изотопи моделидан [www.WaterIsotopes.org]  $42^\circ$  шимолий кенглик,  $71^\circ$  шарқий узунлик, 3100 м баландликда ойлик изотоп нисбатлари қийматларидан нишаблик  $7,75 \pm 0,10$  ва кесишув  $15,2 \pm 1,3$  эканлиги аниқланди. Ушбу дейтерий ва кислород-18 композициясидан олинган нишаблик ва кесишув қийматлари, бизнинг тадқиқотда олинган қийматларга мос келади ва маълум даражада Бовен моделлаштирилган маълумотлар тўпламини тасдиқлайди.

**Атмосфера ёғинлари изотоп маълумотларини таққослаш.** Ҳисоблаган ММСЧ (8.8) қиймати Тяньшан тоғларининг шимолий ёнбағирлари (Хитой)да кузатилганига энг яқин (Wang et al., 2018), ММСЧ шимолий ён бағирлар учун бироз тик (8,3 гача, 2012-2013 йиллардаги кузатув учун) ва жанубий ён бағирларда ётиқроқ (6,5 дан кам) эканлигини аниқлаган. Писком ҳавзасидаги атмосфера ёғинларининг изотопик хусусиятлари Шимолий Тяньшан тизмалари шароитига ўхшаш эканлиги кўринади.

**Хулоса.**

1. Писком дарёси ҳавзасида ўтказилган дала-тадқиқот ишлари давомида турли сув манбалари намуналарининг изотоп таҳлили  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  асосида амалга оширилди ва оқим ҳосил қилувчи турли компонентлар изотоп қийматларининг статистик кўрсаткичлари аниқланди.

2. Таҳлилда асосан турли сув намуналарининг изотоп қийматлари  $\delta^2\text{H}$  ва  $\delta^{18}\text{O}$  ўзаро композициясини ифодаловчи Глобал метеорик сув чизиғи (ГМСЧ)га солиштириш

асосида ўрганилди. Тадқиқот объектида тўпланган намуналар изотоп кўрсаткичлари асосида Маҳаллий метеорик сув чизиғи (ММСЧ) аниқланди.

3. Музликнинг аккумуляция зонасида тўпланган йиллик қор қатламининг изотоп қийматлари таҳлили натижасида мавсумий атмосфера ёғинларининг изотоп қийматлари аниқланди. Бу дарё оқимининг шаклланиши жараёнларини ўрганишда фойдали маълумот бўлиб хизмат қилиши мумкин.

4. Изотоп гидрологияси оқим шаклланиши жараёнларини тадқиқ этишда муҳим маълумотларни беради. Хусусан, оқим шаклланишида турли тўйиниш манбалари ҳиссасини аниқлашда мазкур усулдан фойдаланиш мумкин. Бунинг учун, йил давомида оқим ва атмосфера ёғинларидан услуксиз намуналар олиш талаб этилади. Изотоп гидрологияси бўйича кейинги тадқиқотлар оқим манбалари ҳиссасини баҳолашга қаратилади.

**Миннатдорлик.** Мазкур тадқиқот “Cryospheric Climate Services for improved Adaptation” халқаро лойиҳаси ҳамда Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида амалга оширилаётган ИЗ-2020113030 “Ўзбекистонда стабил изотоплардан фойдаланиб сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини мониторинг қилиш бўйича дастурий маҳсулот яратиш” мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилди.

**Муаллифлар ҳиссаси.** **Ғ.Ў. Умирзақов:** мақола ғояси, намуналар тўплаш, мақола матнини ёзиш **Т. Сакс:** методология, маълумотларни қайта ишлаш, мақолани таҳрир қилиш. **А. Калванс:** намуналар изотоп қийматларини аниқлаш, лаборатория иши, натижалар таҳлили. **Б.Э. Нишонов:** методология, мақолани таҳрир қилиш, раҳбарлик. **С.Р. Исабеков:** маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш, натижаларни график тасвирлаш. Барча муаллифлар қўлёзманинг нашрга тайёрланган шаклини ўқиб чиқдилар ва ўз розиликларини билдирдилар.

## АДАБИЁТЛАР

*Кудышкин Т.В., Тарасов Ю.А., Яковлев А.В.* Изменение оледенения речных бассейнов с преобладанием малых ледников во второй половине XX–начале XXI века // Вопросы географии и геоэкологии. Алматы. – 2014. – С. 45-54.

*Щетинников А.С.* Ледники бассейна реки Пскем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 121 с.

*Aizen V., Aizen E., Melack J., Martma T.* Isotopic measurements of precipitation on central Asian glaciers (southeastern Tibet, northern Himalayas, central Tien Shan). // Journal of Geophys. Res. Atmospheres. 101, 1996. – PP. 9185-9196.

*Aizen V.B., Aizen E.M., Melack J.M., Dozier J.* Climatic and hydrologic changes in the Tien Shan, Central Asia // Journal of Climatology. 10, 1997. – PP. 1393-1404.

*Beria H., Larsen J.R., Ceperley N.C., Michelon A., Vennemann T., Schaeffli B.* Understanding snow hydrological processes through the lens of stable water isotopes // Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. 5(6), 2018. – PP. 1311-1312.

*Cable, J., Ogle, K., Williams, D.* Contribution of glacier meltwater to streamflow in the Wind River Range, Wyoming, inferred via a Bayesian mixing model applied to isotopic measurements // Hydrological Process. 25, 2011. – PP. 2228-2236.

*Chub V.* Climate change and its influence on hydro-meteorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan / Uzgidromet “Voriz-Nashriyot,” Tashkent. 2007. – 133 p.

*Craig H.* Isotopic variations in meteoric waters // Science. 3465, 1961. – PP. 1702-1703.

*Hughes C.E., Crawford J.* A new precipitation weighted method for determining the meteoric water line for hydrological applications demonstrated using Australian and global GNIP data // Journal of Hydrology. 464–465, 2012. – PP. 344-351. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.07.029.

*Ma B., Liang X., Liu S., Jin M., Nimmo J.R., Li J.* Evaluation of diffuse and preferential flow pathways of infiltrated precipitation and irrigation using oxygen and hydrogen isotopes // Hydrogeological Journal. 2017. – PP. 675-688.

Meier C., Knoche M., Merz, R., & Weise, S. M. Stable isotopes in river waters in the Tajik Pamirs: regional and temporal characteristics. *Isotopes in environmental and health studies*, 49(4), 2022. – PP. 542-554.

Mook W.G., De Vries J.J. *Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Applications*, vol. I, Introduction: Theory, Methods, Review. UNESCO/IAEA. 2000. – 580 p.

Regan S., Goodhue R., Naughton O., Hynds P. Geospatial drivers of the groundwater  $\delta^{18}\text{O}$  isoscape in a temperate maritime climate (Republic of Ireland) // *Journal of Hydrology*. 554, 2017. – PP. 173-186.

Wang S., Zhang M., Hughes C. E., Crawford J., Wang G., Chen F., Qiu X. Meteoric water lines in arid Central Asia using event-based and monthly data // *Journal of Hydrology*. 562, 2018. – PP. 435-445.

Wassenaar L.I., Terzer-Wassmuth S., Douence C., Araguas-Araguas L., Aggarwal P.K., & Coplen T.B. Seeking excellence: An evaluation of 235 international laboratories conducting water isotope analyses by isotope-ratio and laser-absorption spectrometry // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 32/5, 2018. – PP. 393-406.

### ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ ВОДЫ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ПСКЕМ

Г.У. УМИРЗАКОВ<sup>1,4</sup>, Т. САКС<sup>2</sup>, А. КАЛВАНС<sup>3</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>4,1</sup>,  
С.Р. ИСАБЕКОВ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, g.umirzakov@nuu.uz

<sup>2</sup> Университет Фрибурга, Швейцария, tomas.saks@unifr.ch

<sup>3</sup> Латвийский государственный университет, andis.kalvans@lu.lv

<sup>4</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, b.nishonov@mail.ru, serikisabekov5858@gmail.com

**Аннотация:** В статье изучен изотопный состав атмосферных осадков и воды различных компонентов стока в бассейне реки Пскем. Изотопные показатели  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  проб, отобранных из атмосферных осадков, речного стока, ледников и снега при полевом исследовании в бассейне реки Пскем определялись в изотопной лаборатории по международным стандартам. Было проанализировано расположение изотопных значений  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  в Глобальной метеорной водной линии, а также изучены временные и пространственные вариации изотопных значений различных компонентов стока.

**Ключевые слова:** речной бассейн, изотопная гидрология, стабильные изотопы воды,  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ , глобальная линия метеорных вод, локальная линия метеорных вод, река Пскем.

### CHANGING OF WATER STABLE ISOTOPES VALUES IN THE PSKEM RIVER BASIN

G.U. UMIRZAKOV<sup>1,4</sup>, T. SAKS<sup>2</sup>, A. KALVANS<sup>3</sup>, B.E. NISHONOV<sup>4,1</sup>, S.R. ISABEKOV<sup>4</sup>

<sup>1</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, g.umirzakov@nuu.uz.

<sup>2</sup> University of Fribourg, Switzerland, tomas.saks@unifr.ch

<sup>3</sup> Latvian State University, andis.kalvans@lu.lv

<sup>4</sup> Hydrometeorological Research Institute, b.nishonov@mail.ru, serikisabekov5858@gmail.com

**Abstract:** The isotopic composition of precipitation and water of different runoff components in the Pskem River basin is studied in this paper. Isotopic values  $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  of samples collected from atmospheric precipitation, river runoff, glaciers and snow during field study in the Pskem River basin were determined in an isotope laboratory according to international standards. The fitting of  $\delta^2\text{H}$  and

*$\delta^{18}\text{O}$  isotopic values in the Global Meteoric Water Line was analyzed, and temporal and spatial variations of isotopic values of different runoff components were studied.*

**Keywords:** river basin, isotope hydrology, stable water isotopes,  $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ , global meteoric water line, local meteoric water line, Pskem River.

## REFERENCES:

*Kudishkin T.V., Tarasov Yu.A., Yakovlev A.V. Izmenenie oledeneniya rechnix basseynov s preobladaniem malix lednikov vo vtoroy polovine XX–nachale XXI veka [Changes in glaciation of river basins dominated by small glaciers in the second half of the XX-early XXI century] // Voprosi geografii i geoekologii. Almati. – 2014. – S. 45-54. (in Russian)*

*Shetinnikov A.S. Ledniki basseyna reki Pskem [Glaciers of Pskem River basin]. – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 121 s. (in Russian)*

УДК 551.510:551:577

## ТОШКЕНТ ШАХРИДАГИ АТМОСФЕРА ЁҒИНЛАРИ МИҚДОРИ ВА КИМЁВИЙ ТАРКИБИНИНГ КЎП ЙИЛЛИК ЎЗГАРИШЛАРИ

С.Р. ИСАБЕКОВ<sup>1\*</sup>, Б.Э. НИШОНОВ<sup>1</sup>, Л.А. САИДМАХМУДОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, s.isabekov5858@gmail.com

**Аннотация.** Мақолада республикамиз пойтахти бўлган Тошкент шаҳрида 2000–2022 йилларда атмосфера ёғинлари миқдори ва уларнинг кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришлари ёритилган. Тошкент шаҳрида атмосфера ёғинларининг йиллик миқдорлари йилдан-йилга фарқ қилса-да, улар миқдорларининг умумий тенденцияси ўзгаришсиз қолаётганлиги аниқланган. Атмосфера ёғинларининг йиллик рН кўрсаткичи 5,70÷6,94 оралиқда, ойлик рН кўрсаткичи 4,50÷7,9 оралиқда кузатилган. Ёғинлар таркибидаги анионлардан сульфатлар ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), хлоридлар ( $\text{Cl}$ ), катионлардан эса кальций ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ва магний ( $\text{Mg}^{2+}$ )нинг йиллик ўртача миқдорлари ортиб бораётганлиги аниқланган. Тадқиқот натижалари Тошкент шаҳри атмосфера ҳавосининг ифлосланганлик даражасини аниқлашга ёрдам беради.

**Калит сўзлар:** атмосфера ёғинлари, ёғинлар миқдори, кимёвий таркиби, катионлар, анионлар, рН, кислотали ёмғирлар.

**Кириш.** Атмосфера ёғинларининг кимёвий таркибини ўрганиш назарий ва амалий аҳамиятга эга. Атмосфера ҳавосидаги моддалар, жумладан, ифлослантирувчи моддалар атмосферада содир бўладиган турли жараёнлар туфайли ер юзасига тушади. Атмосфера ёғинлари ер усти ва ер ости сувлари таркибинининг шаклланишида муҳим рол ўйнайди [Толкачева и др., 2006].

Атмосфера ёғинлари шаҳар муҳитидаги экологик вазиятни белгиловчи энг муҳим омиллардан биридир. Атмосферанинг тозаланиши асосан ёғингарчилик пайтида содир бўлади. Бироқ, булут ости қатламидан ер юзасига ўтаётганда, ёғинлар газлар ва аэрозолларни ёмғир томчилари ёки қор парчалари кристаллари билан сингдиради. Ифлослантирувчи моддаларнинг сингиши ёғинлар минерализациясининг ошишига, уларнинг кимёвий таркибининг ўзгаришига ва "кислотали ёмғирлар" пайдо бўлишига олиб келади. Атмосфера ёғинлари таркибини ўрганиш шаҳар худудидаги ҳавонинг

\* Масъул муаллиф: s.isabekov5858@gmail.com, тел. +998 93 531-58-58