

АТРОФ-МУҲИТ МОНИТОРИНГИ / МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ / ENVIRONMENTAL MONITORING

УДК 551.510:551:577

ТОШКЕНТ ШАҲРИ АТМОСФЕРА ЁҒИНЛАРИ ТАРКИБИДАГИ СТАБИЛ ИЗОТОПЛАР

Б.Э. НИШОНОВ^{1*}, С.Р. ИСАБЕКОВ¹, Ғ.У. УМИРЗАКОВ¹,
Л.А. САИДМАХМУДОВА¹, М.Н. НУРМАТОВ¹

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, bnishonov@mail.ru, s.isabekov5858@gmail.com

Аннотация. Мақолада Тошкент шаҳридаги Тошкент-Обсерватория метеорология станциясида 2022-2023 йилларда атмосфера ёғинлари таркибидаги дейтерий (^2H) ва кислород-18 (^{18}O) стабил изотоплари миқдорларини тизимли ўрганиш натижалари келтирилган. Тадқиқот даврида атмосфера ёғинлари таркибидаги $\delta^2\text{H}$ қийматлари $+16,41 \div -122,73\%$, $\delta^{18}\text{O}$ қийматлари $+1,95 \div -16,34\%$ оралиқда бўлганлиги аниқланди, максимал қийматлар 2022 йил апрелда, минимал қийматлар 2022 йил январда кузатишган. Тошкент шаҳридаги ёғинлар учун маҳаллий метеорологик сув чизиги тенграммаси ($\delta^2\text{H}=7,33 \cdot \delta^{18}\text{O}+5,27$) олинди. Тошкент-Обсерватория метеостанцияси Атом энергияси бўйича халқаро агентлик ва Жаҳон метеорология ташиқлотининг Ёғинлардаги изотоплар глобал тармоғи (ЕИГТ) станциялари рўйхатида киритилди. Тадқиқот натижалари Ўзбекистонда атмосфера оқимларининг ҳаракати, сув ресурсларининг шаклланиши ҳамда стабил изотоплар билан боғлиқ бошқа тадқиқотлар учун зарур манба бўлиб хизмат қилади.

Калит сўзлар: атмосфера ёғинлари, стабил изотоплар, изотоп гидрологияси, маҳаллий метеорологик сув чизиги, дейтерий, $\delta^2\text{H}$, кислород-18, $\delta^{18}\text{O}$, Тошкент.

Кириш. Атмосфера ёғинлари ҳамда умумий сув ресурсларининг миқдор ва сифат жиҳатдан янада яхшироқ баҳолашда изотоплар гидрологияси усулларидадан фойдаланиш катта имкониятлар беради (IAEA, 1981; Clark, Fritz, 1997; Ферронский, Павлов, 2009). Изотоплар гидрологиясида ҳам стабил (радиоактив бўлмаган), ҳам стабил бўлмаган (радиоактив) изотоплардан фойдаланилади. Дунё миқёсида табиий стабил изотоплардан индикатор сифатида гидрологик циклни ўрганишда, ер усти ва ер ости сувларининг тўйиниш манбаларини аниқлашда, дарёлар оқимларига турли тўйиниш манбаларининг ҳиссасини баҳолашда, уларнинг ифлосланиш манбаларини аниқлашда ва иқлим ўзгаришининг сув ресурсларига таъсирини баҳолашда фойдаланилади (IAEA, 1981; Kendall, McDonnell, 1998; Galewsky et.al., 2016; Ферронский, Павлов, 2009). Ушбу соҳадаги илғор тажрибаларни амалиётда қўллаш, сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини самарали мониторинг қилишга имкон беради.

Ёғинлардаги стабил изотопларни ўрганиш Ер сайёрасидаги сувнинг глобал айланишини ўрганишда муҳим восита ҳисобланади. Сувнинг глобал айланишида буғланиш ва конденсатланиш ҳисобига кислород ва водороднинг стабил изотоплари миқдори қисман ўзгаради. Бу концентрацияларни ўлчаш орқали сайёранинг турли қобикларида сувнинг циркуляцияси муддати ҳақида маълумот олиш ва сувнинг ҳаракатини кузатиш мумкин. Атмосфера ёғинларининг изотоп таркиби билан жойнинг географик узунлиги, географик

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

кенглик, океанлардан узоқлик, денгиз сатҳидан баландлик орасидаги боғлиқлик мавжуд. Тоғли худудларда стабил изотоплардан фойдаланиб, дарёларнинг тўйиниш манбалари баландлиги ва ер ости сувларининг тўйиниш мавсумларини аниқлаш мумкин (IAEA, 1981; Ферронский, Павлов, 2009)

Атмосфера ёғинлари стабил изотоплар таркиби асосан $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ изотоплари таҳлили асосида ўрганилади. Табиатда водород ва кислороднинг стабил изотопларининг микдорлари турлича: ^1H – 99,984 %, ^2H (D) – 0,0156 %; ^{16}O – 99,76 %, ^{17}O – 0,04 %, ^{18}O – 0,20% (IAEA, 1981).

1961 йилда Атом энергияси бўйича халқаро агентлиги (АЭХА) ва Жаҳон метеорология ташкилоти (ЖМТ) ўзаро ҳамкорликда Ёғинлардаги изотоплар глобал тармоғи (ЁИГТ)ни ташкил этди (GNIP). Мазкур тармоқнинг мақсади глобал миқёсда ёғинлардаги изотоплар қийматлари ҳақидаги маълумотларни йиғиш, уларнинг вақт бўйича ва худудий ўзгаришларини ҳамда глобал сув айланишини тадқиқ этиш ҳисобланади. Ҳозирги вақтда ЁИГТ нинг дунё бўйлаб 100 дан зиёд давлатда 1200 дан ортиқ станциялари мавжуд (GNIP). Ёғинлардан олинган намуналар АЭХАнинг Изотоплар гидрологияси лабораториясида ҳамда дунёнинг турли қисмларидаги махсус лабораторияларда таҳлил қилинади.

АЭХАнинг маълумотлар базасида Тошкентда кузатилган атмосфера ёғинларидаги стабил изотоплар қийматлари ҳақида фақатгина 1971 йил учун маълумотлар мавжуд (GNIP), ундан сўнг Тошкент шаҳридаги ёғинлардаги стабил изотоплар қийматлари ўрганилмаган.

Ушбу **тадқиқотнинг мақсади** Тошкент шаҳрида атмосфера ёғинлари таркибидаги стабил изотоплар қийматларини йиллар давомида ва йил ичидаги ўзгариш хусусиятларини ўрганишдан иборат. Тадқиқотнинг **объекти** Тошкент шаҳрида жойлашган Тошкент-Обсерватория метеостанциясида кузатилган атмосфера ёғинлари, **тадқиқот предмети** эса атмосфера ёғинларининг стабил изотоплар таркиби ҳисобланади.

Тошкент шаҳри Фарбий Тяньшаннинг Қоржонтов, Угом, Писком, Кўксув ва Чатқол тизмалари орасидан оқиб чиқадиган Чирчиқ дарёси водийсининг ўрта қисмида, дарёнинг ўнг томонидаги паст-баланд тоғ олди текислигида жойлашган бўлиб, шаҳар худудининг денгиз сатҳидан ўртача мутлақ баландлиги 447,5 м га, энг баланд нуқтаси 515 м га, энг паст нуқтаси 380 м га тенг тенг (Тошкент, 2009).

Бирламчи маълумотлар ва тадқиқот усуллари. Тадқиқот ишида 2022-2023 йилларда Тошкент-Обсерватория метеостанциясида тўпланган ойлик атмосфера ёғинлари намуналари ва уларнинг махсус изотоп гидрологияси лабораторияларида аниқланган стабил изотоп таркиби тўғрисидаги маълумотлардан фойдаланилди.

Тошкент-Обсерватория метеостанциясида 2022-2023 йилларда Третьяков ёғин йиғичи ёрдамида кунлик атмосфера ёғинларидан намуналар олинди ва улар кимёвий таркибини аниқлаш учун ойлик намуналар сифатида йиғилди. Гидрометеорология илмий-тадқиқоти институти (ГМИТИ) Ер усти сувлари сифатининг тадқиқоти лабораторияси томонидан бажарилаётган амалий лойиҳа ҳамда АЭХАнинг техник кўмаги лойиҳаси доирасида АЭХА ва ЖМТнинг Ёғинлардаги изотоплар глобал тармоғи (GNIP) дастури бўйича Тошкент-Обсерватория метеостанциясига махсус PALMEX атмосфера ёғинларини йиғич (Rain sampler RS-1C) ўрнатилди (1-расм) ва 2023 йил октябридан атмосфера ёғинларининг ойлик намуналарини йиғиш бошланди.

Атмосфера ёғинларидан 2022 йилда йиғилган намуналар Словакия Республикаси Геология хизмати лабораториясида, 2023 йилги намуналар эса АЭХАнинг Стабил изотоплар лабораториясида лазер спектроскопияси усулида юқоридаги лойиҳалар доирасида таҳлил қилинди.

Олинган маълумотлар асосида Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари учун маҳаллий метеорик сув чизиғи (ММСЧ - Local Meteoric Water Line - LMWL) чизилди.



1-расм. Тошкент-Обсерватория метеорология станциясига ўрнатилган PALMEX ёғин йиғгичи

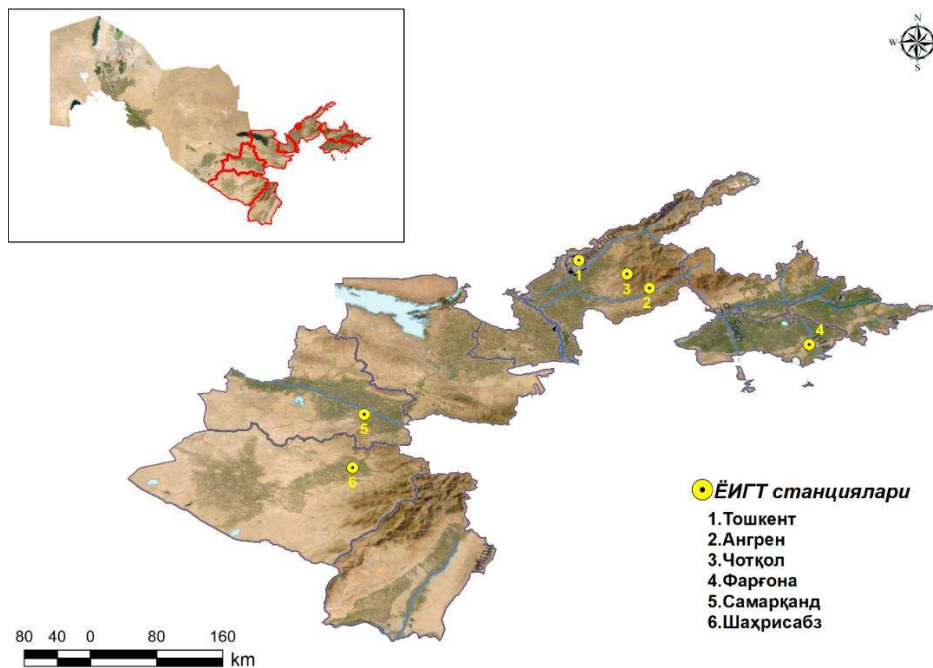
Рис. 1. Осадкомер PALMEX, установленный на метеорологической станции Ташкент-Обсерватория

Fig. 1. PALMEX precipitation sampler installed at the Tashkent Observatory meteorological station

Асосий натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Юқорида келтирилганидек, ЁИГТнинг бутун дунёда намуна олиш станциялари мавжуд, аммо шу вақтгача Ўзбекистонда ЁИГТга кирувчи станциялар йўқ эди. Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти Ер усти сувлари сифатининг тадқиқоти лабораториясида амалга оширилаётган лойиҳа ҳамда АЭХАнинг техник кўмаги лойиҳаси доирасида Ўзбекистондаги 6 та метеорология станциялари ЁИГТ тармоғига қўшилди (2-расм). Тошкент-Обсерватория станцияси шу станцияларнинг бири ҳисобланади.

Тошкент шаҳри курғоқчил ҳудудда жойлашганлиги сабабли, йиллик ёғинлар миқдори юқори эмас, атмосфера ёғинларининг йиллик ўртача миқдори 423,4 мм га тенг. Тарихий кузатиш маълумотларига кўра, Тошкент шаҳрида 1969 йилда 802,5 мм, 1916 йилда 206,2 мм ёғин ёққан. Атмосфера ёғинлари миқдори йил давомида ҳам нотекис тақсимланган. Йиллик ёғинларнинг асосий қисми (305 мм) йилнинг совуқ мавсумига (октябрь-март), чорак қисми (119,4 мм) эса йилнинг иссиқ мавсумига (апрель-сентябрь) тўғри келади. Йиллик ёғиннинг 41% дан ортиқроғи баҳорда, қолган қисми эса қишда (36%), кузда (18%) ва ёзда (5%) ёғади. Тошкентда атмосфера ёғинларининг катта қисми (66%) ёмғир тарзида, 11% қор тарзида ва 23% қор-ёмғир аралаш ҳолда тушади [Тошкент, 2009].

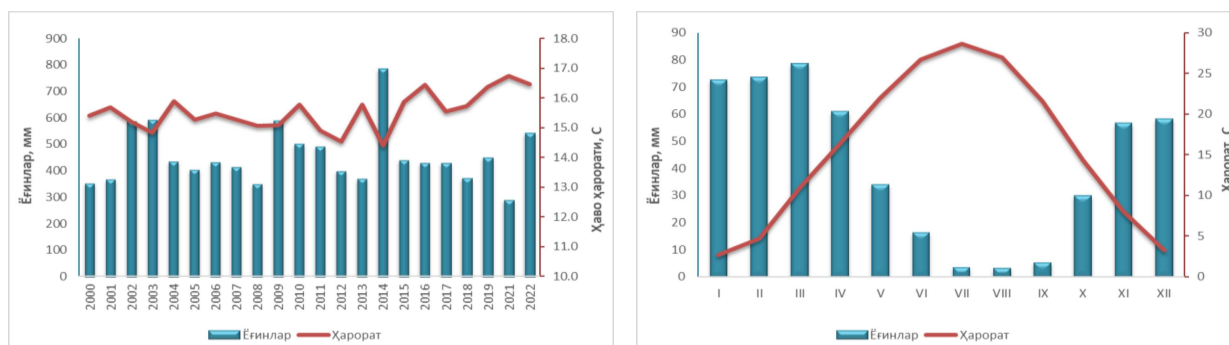
Тошкент шаҳри ҳудудида 2000-2022 йиллар давомида атмосфера ёғинларининг йиллик максимал миқдори 2014 йилда (784,0 мм), минимал миқдори 2021 йилда (287,7 мм) кузатилиб, кўп йиллик ёғинлар умумий миқдори деярли ўзгаришсиз бўлган [Исабеков ва бошқ., 2023]. Ойлик максимал миқдор 2014 йил январь ойида (447,7 мм) кузатилган, турли йилларда июнь, июль, август ойларида ёғинлар умуман кузатилмаган (3-расм). Шунингдек, ойлик ёғинлар миқдори ва ўртача ойлик ҳаво ҳарорати орасида тескари боғлиқлик кузатилади (4-расм).



2-расм. Ўзбекистонда ташкил этилган ЁИГТ станцияларининг жойлашуви

Рис. 2. Расположение станций ГСИО, организованных в Узбекистане

Fig. 2. Location of GNIP stations in Uzbekistan



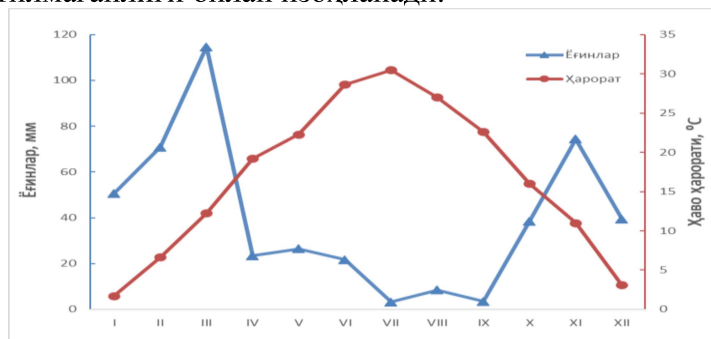
3-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ёғинлари микдорининг кўп йиллик ўзгаришлари (2000-2022 йй.)

Рис. 3. Многолетние изменения количество атмосферных осадков в г. Ташкент (2000-2022 гг.)

Fig. 3. Long-term changes in precipitation amount in Tashkent (2000-2022)

Тошкент шаҳрида 2022-2023 йиллардаги атмосфера ёғинлари таркибидаги $\delta^{18}\text{O}$ ва $\delta^2\text{H}$ қийматларининг йил давомида ўзгаришлари 5-расмда келтирилган. Таҳлилларга кўра, Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари таркибидаги $\delta^2\text{H}$ нинг қийматлари $+16,41\div-122,73\%$, $\delta^{18}\text{O}$ нинг қийматлари эса $+1,95\div-6,34\%$ ораликда эканлиги аниқланди. Тошкент шаҳрида атмосфера ёғинларида стабил изотоплар қийматлари йилнинг иссиқ мавсумида мусбат қийматларда, йилнинг совуқ мавсумида манфий қийматларда кузатилган. Атмосфера ёғинлари таркибида кузатилган изотоп қийматларининг минимал кўрсаткичи ($\delta^2\text{H}=-122,73\%$ ва $\delta^{18}\text{O}=-16,34\%$) 2022 йил январь ойига тўғри келган.

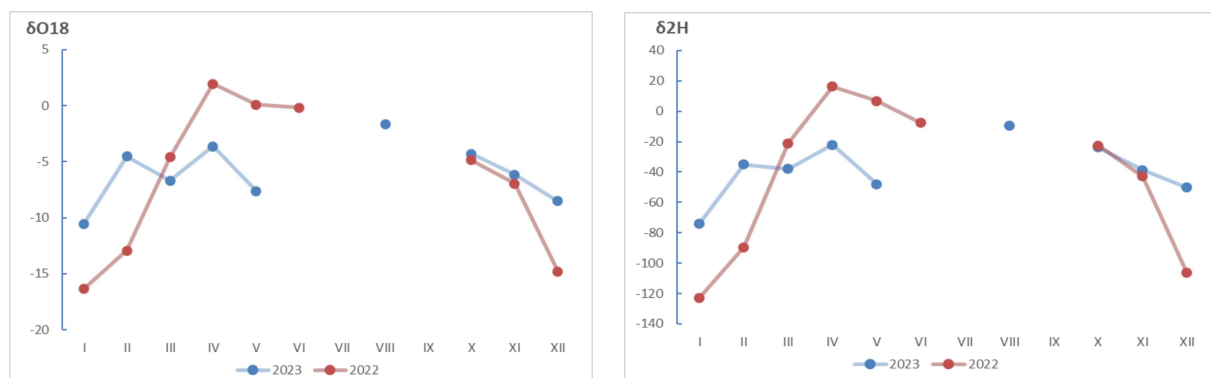
Атмосфера ёгинлари изотопларининг максимал қийматлари нафақат ёз ойларида, балки апрель, май ойларида ҳам юқори бўлганлиги аниқланди. Жумладан, 2022 йил апрель ойида $\delta^{18}\text{O}$ ва $\delta^{2}\text{H}$ бўйича максимал қийматлар кузатилган (мос равишда +16,41 ‰ ва +1,95‰). Тадқиқот йилларининг айрим ойларда маълумотларнинг йўқлиги ушбу ойларда ёгингарчилик кузатилмаганлиги билан изоҳланади.



4-расм. Тошкент шаҳрида ўртача ойлик атмосфера ёгинлар миқдори ва ўртача ойлик ҳаво ҳарорати (2022-2023 йй.)

Рис. 4. Среднемесячные осадки и среднемесячная температура воздуха в г. Ташкент (2022-2023 гг.)

Fig. 4. Monthly mean precipitation and monthly mean air temperature in Tashkent (2022-2023)



5-расм. Тошкент шаҳрида атмосфера ёгинларидаги $\delta^{18}\text{O}$ ва $\delta^{2}\text{H}$ изотоп қийматлари (2022-2023 йй.)

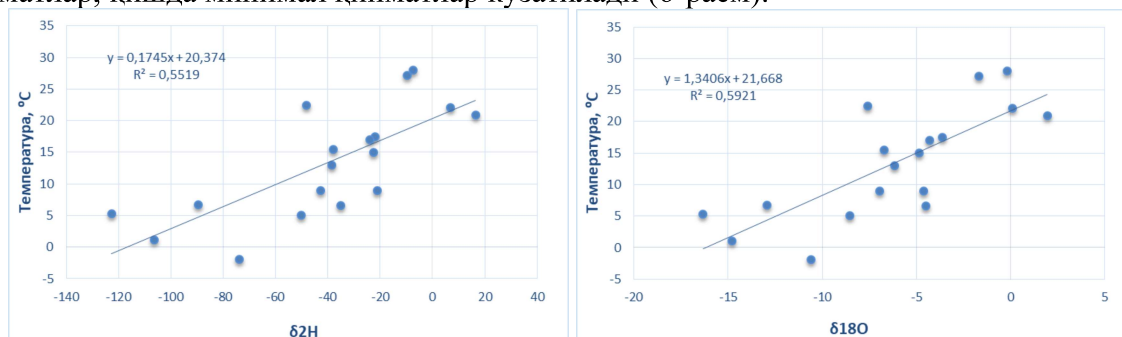
Рис. 5. Значения $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{2}\text{H}$ в атмосферных осадках г. Ташкент (2022-2023 гг.)

Fig. 5. $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{2}\text{H}$ values in precipitation in Tashkent (2022-2023)

Атмосфера ёгинларининг изотоп таркиби, хусусан, кислород ва водороднинг оғир ва энгил изотопларининг нисбати "фракцияланиш" деб номланувчи ҳодиса туфайли фаслларга қараб ўзгариб туради. Бу жараён қиш ва ёз ўртасидаги фаза ўзгаришлари ва атмосфера шароитларининг фарқлари натижасида юзага келади. Қиш мавсумида совуқроқ ҳарорат ёгинларда энгил изотоплар миқдорларининг юқори бўлишига олиб келади. Аксинча, ёзда иссиқроқ ҳарорат буғланишнинг, айниқса қуруқлик устида, кучайишига олиб келади. Бу буғланиш энгил изотоплар билан бир қаторда оғир изотопларни ҳам буғлатади ва атмосферага кўчган намликда оғир изотопларнинг миқдори нисбатан юқори бўлади. Бу ҳолат буғ конденсацияланганда ва ёгингарчилик сифатида тушганда ҳосил

бўлган сувда оғир изотопларнинг миқдори юқори бўлишига олиб келади [Ферронский, Павлов, 2009].

Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинларидаги водород ва кислород изотоплари миқдорларининг ҳаво ҳароратига боғлиқ мавсумий ўзгаришлари – ёзда максимал қийматлар, қишда минимал қийматлар кузатилади (6-расм).



6-расм. Тошкент шаҳридаги ойлик ўртача ҳаво ҳарорати ва атмосфера ёғинларидаги $\delta^{18}\text{O}$ ва $\delta^2\text{H}$ қийматлари орасидаги боғлиқлик (2022-2023 йй.)

Рис. 6. Взаимосвязь между среднемесячной температурой воздуха и значениями $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в атмосферных осадках г. Ташкент (2022-2023 гг.)

Fig. 6. Relationship between monthly mean air temperature and $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ values in precipitation in Tashkent (2022-2023)

Сувдаги водород ва кислород изотопларини аниқлашда Стандарт ўртача океан суви (SMOW-Standard Mean Ocean Water) стандарт сифатида ишлатилган. SMOW стандарти 1961 йилда Harmon Craig томонидан ишлаб чиқилган [Craig, 1961]. Атмосфера ёғинлари ва табиий сувларда дейтерий (^2H) ва ^{18}O ўлчовларини ўзаро мувофиқлаштиришни яхшилаш учун АЭХА томонидан 1966 йилда чақилган Кенгаш йиғилиши тавсиясига биноан 1968 йилдан бери иккита сув стандартини жорий қилинган, булар V-SMOW (Ўртача океан суви учун Вена стандарти) ва SLAP (Енгил Антарктика ёғинлари учун стандарт). Ҳозирги кунда АЭХАнинг GNIP тармоқларида V-SMOW стандартидан фойдаланиб келинмоқда (Gonfiantini, 1978).

Дунёда изотоп маълумотларини интерпретациялаш учун глобал метеор сув чизиғи (ГМСЧ, Global Meteoric Water Line - GMWL) ёки Крейг чизиғидан фойдаланилади, у атмосфера ёғинлари ёки сув таркибидаги $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ қийматлари орасидаги $\delta^2\text{H}=f(\delta^{18}\text{O})$ боғлиқлик графиги орқали ифодаланади (Craig, 1961). SMOW учун унинг кўриниши куйидагича:

$$\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10\text{‰}$$

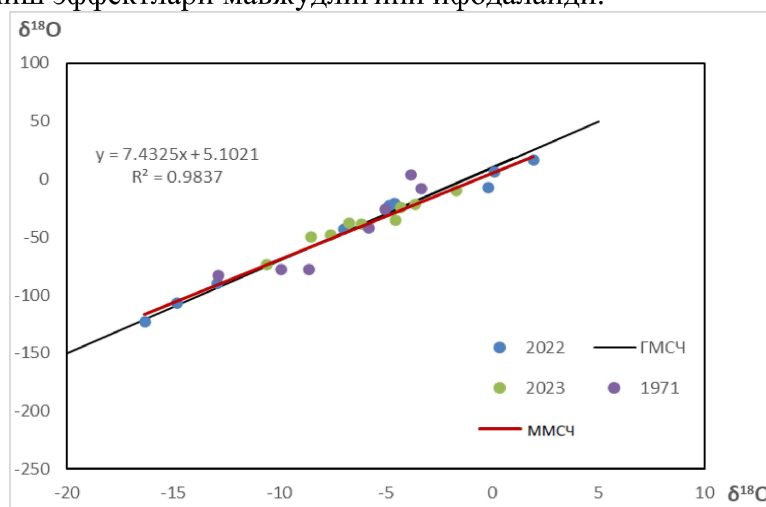
Тошкент-Обсерватория метеорология станциясида кузатишган атмосфера ёғинларининг аниқланган сув изотоплари - $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ қийматларининг ўзаро боғлиқлиги таҳлил қилинди (7-расм). Бунда 2022-2023 йиллардаги маълумотлардан, шунингдек, 1971 йил маълумотларидан ҳам фойдаланилди.

Тошкент-Обсерватория метеорология станциясида ёғинлар учун Маҳаллий метеоро сув чизиғи (ММСЧ) тенгламаси стандарт ўртача океан суви (SMOW) учун олинган тенгламадан фарқ қилади ва бу курғокчил ҳудудлар учун хос:

$$\delta^2\text{H} = 7,33 \cdot \delta^{18}\text{O} + 5,27\text{‰}$$

ММСЧ тенгламасининг оғиш коэффициенти 7,33 қийматини ташкил этиб, ГМСЧ тенгламасининг оғиш коэффициентида кичик қийматни ташкил этади. Тенглама қийматларига ҳаво ҳарорати, намлик ва баландлик каби омиллар ҳам таъсир қилиши

мумкин. Маҳаллий метеорик сув чизиғининг Глобал метеорик сув чизиғидан оғиши маҳаллий буғланиш эффектлари мавжудлигини ифодалайди.



7-расм. Тошкент-Обсерватория метеостанциясида атмосфера ёғинларидаги $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ қийматларининг ўзаро боғлиқлиги (ММСЧ)

Рис. 7. Взаимосвязь значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в атмосферных осадках г. Ташкент (ЛМЛВ)

Fig. 7. Correlation of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ values in precipitation in Tashkent city (LMWL)

Маҳаллий метеорик сув чизиғининг глобал метеорик сув чизиғига нисбатан жойлашуви таҳлили Тошкентдаги ёғинларнинг стабил изотоп таркиби ҳақида қимматли маълумотлар беради. $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ ўртасидаги кучли корреляция маҳаллий иқлим омиллари таъсирида изчил изотопик давомийликни кўрсатади. Ушбу маълумот минтақадаги гидрологик циклини тушуниш учун жуда муҳим ва сув ресурсларини бошқариш ҳамда иқлимий тадқиқотларда қўлланилиши мумкин.

Хулоса.

1. Ўзбекистонда атмосфера ёғинларидаги стабил изотопларнинг $\delta^2\text{H}$ ва $\delta^{18}\text{O}$ қийматларини аниқлаш бўйича 2022-2023 йилларда Тошкент-Обсерватория метеостанциясида биринчи марта тизимли тадқиқотлар ўтказилди.

2. Тадқиқотга кўра, 2022-2023 йилларда Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари таркибида $\delta^2\text{H}$ нинг қийматлари $+16,41 \div -122,73\%$, $\delta^{18}\text{O}$ изотопларининг қийматлари эса $+1,95 \div -16,34\%$ оралиқда эканлиги аниқланди. Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинларидаги водород ва кислород изотоплари миқдорларининг мавсумий ўзгаришлари – ёзда максимал қийматлар, кишда минимал қийматлар кузатилади.

3. Олинган маълумотлар асосида Тошкент-Обсерватория метеостанциясидаги ёғинлар учун маҳаллий метеорик сув чизиғи тенгламаси ($\delta^2\text{H} = 7,33 \cdot \delta^{18}\text{O} + 5,27$) олинди, бу тенглама қийматлари қурғоқчил ҳудудлар учун хос бўлиб, стандарт ўртача океан суви (SMOW) учун олинган тенгламадан ($\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10\%$) фарқ қилади.

4. Тошкент-Обсерватория метеостанцияси Атом энергияси бўйича халқаро агентлик ва Жаҳон метеорология ташкилотининг Ёғинлардаги изотоплар глобал тармоғи (ЁИГТ) станциялари каторига киритилди.

5. Тадқиқот натижалари Ўзбекистонда атмосфера оқимларининг ҳаракати, сув ресурсларининг шаклланиши ҳамда стабил изотоплар билан боғлиқ бошқа тадқиқотлар учун манба бўлиб хизмат қилади.

Миннатдорлик. Мазкур тадқиқот ИЗ-2020113030 “Ўзбекистонда стабил изотоплардан фойдаланиб сув ресурслари ва уларнинг ифлосланишини мониторинг

килиш бўйича дастурий маҳсулот яратиш” мавзусидаги амалий лойиҳа ва АЭХАнинг UZB 26411 “Determination of spatial and temporal variations of $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopes of precipitation and rivers in Uzbekistan” лойиҳаси доирасида бажарилди.

Муаллифлар хиссаси. **Б.Э.Нишонов:** мақола ғояси, методология, раҳбарлик, тадқиқотларни ташкиллаштириш, мақола матнини ёзиш, мақолани расмийлаштириш. **С.Р.Исабеков:** маълумотларни тўплаш, тадқиқотларни бажариш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили, мақолани расмийлаштириш. **Ғ.Ў.Умирзақов:** мақола ғоясини қўллаш, ҳисоблашларни бажариш, натижалар таҳлили. **Л.А. Саидмахмудова:** маълумотларни тўплаш, ҳисоблашларни бажариш. **М.Н.Нурматов:** маълумотларни тўплаш, тадқиқотларда иштирок этиш. Мақола муаллифлари қўлёзманинг нашрга тавсия этилган матни билан танишдилар ва ўз розилиklarини билдирдилар.

АДАБИЁТЛАР

Исабеков С.Р., Нишонов Б.Э., Саидмахмудова Л.А. Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари микдори ва кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришлари // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. – 2023. – № 2. – Б.88-96.

Тошкент. Энциклопедия. – Тошкент: Ўзбекистон миллий энциклопедияси, Давлат илмий нашриёти. – 2009. – 784 б.

Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы Земли. М.: Научный мир. – 2009. – 632 с.

Clarc I.D., Fritz P. Environmentak Isotopes in Hydrology. – CRC Press. – 1997. – 328 p.

Craig H. Isotopic variations in meteoric water // Science. – 1961.– 133. – P.1702–1703.

Galewsky J., Steen-Larsen H.C., Field R.D., Worden J., Risi C., Schneider M. Stable isotopes in atmospheric water vapor and applications to the hydrologic cycle // Rev. Geophys. – 2016. – 54. – PP. 809–865. doi:10.1002/2015RG000512.

Global Network of Isotopes in Precipitation (GNIP). http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html

Gonfiantini R. Standards for stable isotope measurements in natural compounds. // Nature. - Vol. 271. – PP. 534-536.

IAEA TRS-210. Stable Isotope. Hydrology. Deuterium and oxygen-18 in water cycle. Vienna: IAEA. – 1981. – 439 p.

Kendall, C., McDonnell, J. Isotope Tracers in Catchment Hydrology. Elsevier. – 1998. – 839 p.

СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ ГОРОДА ТАШКЕНТ

**Б.Э. НИШОНОВ, С.Р. ИСАБЕКОВ, Г.У.УМИРЗАКОВ,
Л.А. САИДМАХМУДОВА, М.Н.НУРМАТОВ**

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт

Аннотация. В статье приведены результаты исследования содержания стабильных изотопов дейтерия (^2H) и кислорода-18 (^{18}O) в атмосферных осадках в 2022-2023 гг. на метеорологической станции Ташкент-Обсерватория в г. Ташкент. Выявлено, что за период исследования в атмосферных осадках значения $\delta^2\text{H}$ были в пределах $+16,41\div-122,73\%$, а значения $\delta^{18}\text{O}$ $+1,95\div-16,34\%$, максимальные значения наблюдались в апреле 2022 г., минимальные значения - в январе 2022г. Получена локальная линия метеорных вод ($\delta^2\text{H}=7,33\cdot\delta^{18}\text{O}+5,27\%$) для атмосферных осадков в г. Ташкент. Метеорологическая станция Ташкент-Обсерватория включена в список станций Глобальной сети изотопов в осадках (ГСИО) Международного агентства по атомной энергетике и Всемирной метеорологической организации. Результаты исследования могут служить источником для исследований, связанных с перемещениями атмосферных потоков, формирования водных ресурсов и стабильных изотопов.

Ключевые слова: атмосферные осадки, стабильные изотопы, изотопная гидрология, локальная линия меторных вод, дейтерий, δ^2H , кислород-18, $\delta^{18}O$, Ташкент.

STABLE ISOTOPES IN ATMOSPHERIC PRECIPITATION OF TASHKENT CITY

**B.E. NISHONOV, S.R. ISABEKOV, G.U. UMIRZAKOV,
L.A. SAIDMAKHMUDOVA, M.N. NURMATOV**

Hydrometeorological Research Institute

Abstract. The article presents the findings of a study of the of deuterium (2H) and oxygen- 18 (^{18}O) stable isotopes in atmospheric precipitation collected during 2022-2023 at the meteorological station Tashkent-Observatory in Tashkent city. It was revealed that during the study period the values of δ^2H in precipitation were within the range of $+16.41\div-122.73\%$, and the values $\delta^{18}O$ were between $+1.95\div-16.34\%$, the maximum values were observed in April 2022, the minimum values - in January 2022. A local meteoric water line (LMWL) for Tashkent was established as $\delta^2H = 7.33 \cdot \delta^{18}O + 5.27\%$, reflecting regional precipitation characteristics. The Tashkent-Observatory meteorological station is part of the Global Network of Isotopes in Precipitation (GNIP), a collaborative effort between the International Atomic Energy Agency and the World Meteorological Organization. These results provide valuable insights for understanding atmospheric circulation, water resources formation, and role of stable isotopes in hydrological processes.

Keywords: precipitation, stable isotopes, isotope hydrology, local meteoric water line, deuterium, δ^2H , oxygen-18, $\delta^{18}O$, Tashkent city.

REFERENCES

Isabekov S.R., Nishonov B.E., Saidmakhmudova L.A. Toshkent shahridagi atmosfera yoginlari mikdori va kimyoviy tarkibining kop yillik ozgarishlari [Long-term changes in the quantity and chemical composition of atmospheric precipitation in the Tashkent city] // Hydrometeorology and Environmental Monitoring. – 2023. – No. 2 – PP. 88-96. (in Uzbek)

Toshkent. Ensiklopediya [Tashkent. Encyclopedia]. – Toshkent: Ozbekiston milliy ensiklopediyasi, Davlat ilmiy nashriyoti, 2009. – 784 b. (in Uzbek)

Ferronskiy V.I., Polyakov V.A. Izotopiya gidrosferi Zemli [Isotopy of Earth's hydrosphere]. Moscow: Nauchniy mir. – 2009. – 632 p. (in Russian)

УДК: 502.3

CURRENT ISSUES IN AIR PROTECTION AND GREENING OF TERRITORIES FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION IN UZBEKISTAN

**B. ALIKHANOV¹, J. KAZBEKOV², B. KHOLKHUJAEV²,
E. OMONOV¹, T. SABITOV²**

¹ Senate of the Republic of Uzbekistan

² Ministry of Ecology, Environmental Protection, and Climate Change

Abstract. The article discusses critical issues related to air quality protection and the greening of territories in the context of mitigating climate change in Uzbekistan. The paper highlights the increasing impact of climate change on key sectors, including public health, biodiversity, and economic development. It addresses both natural and anthropogenic contributors to air pollution, including