SIRDARYO DARYOSI HAVZASI SUV RESURSLARI BILAN TA'MINLANGANLIKNING MAKON-VAQT O'ZGARISHINI GEOAXBOROT TIZIMLARI ASOSIDA BAHOLASH

Hasanov Azizbek Ozod o'g'li
Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o'zgarishini o'rganish universiteti (Green University) huzuridagi Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti mustaqil izlanuvchisi
azizhasanov443@gmail.com
Ilmiy rahbar: **Pulatov Baxtiyor Alimovich**
Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o'zgarishini o'rganish universiteti (Green University) rektori, texnika fanlari doktori (DSc), professor
rector@greenuniversity.uz

Annotatsiya. Maqolada Sirdaryo daryosi havzasi uchun iqlimiy, gidrologik, suv xo'jaligi va fazoviy ma'lumotlarni yagona tizimga birlashtiruvchi geoaxborot ma'lumotlar bazasini shakllantirish metodikasi va uning asosida suv resurslari bilan ta'minlanganlikning makon-vaqt o'zgarishini baholash natijalari bayon etilgan. Ma'lumotlar bazasi uchta vaqt blokiga ajratilib, har bir qiymatga kelib chiqish holatini ko'rsatuvchi belgi biriktirildi; raqamli relyef modeli asosida subhavzalar ajratildi va ArcGIS Pro muhitida 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 va 2025-yillar uchun yagona sinf chegaralariga ega besh darajali ta'minlanganlik xaritalari tuzildi. Ta'minlanganlik tog'li yuqori oqimdan quyi oqim tomon izchil pasayishi, 2010 va 2015-yillarda qulay zonalar kengaygani, 2020-yilda esa past va juda past ta'minlanganlik zonalari quyi oqimdan o'rta oqim tomon siljigani aniqlandi. Eng o'zgaruvchan hudud o'rta oqimdagi sug'oriladigan yerlar, eng zaif hudud esa quyi oqim ekani ko'rsatildi.

Kalit so'zlar: Sirdaryo havzasi, geoaxborot tizimlari, ArcGIS Pro, ma'lumotlar bazasi, raqamli relyef modeli, suv bilan ta'minlanganlik, makon-vaqt tahlili, mavzuli xaritalash.

Аннотация. В статье изложена методика формирования геоинформационной базы данных, объединяющей климатические, гидрологические, водохозяйственные и пространственные данные бассейна реки Сырдарья, и результаты оценки пространственно-временной изменчивости водообеспеченности на её основе. База данных разделена на три временных блока, каждому значению присвоен признак происхождения; по цифровой модели рельефа выделены суббассейны, а в среде ArcGIS Pro для 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 и 2025 гг. построены пятиуровневые карты водообеспеченности с едиными границами классов. Установлено последовательное снижение водообеспеченности от горной верхней части бассейна к нижнему течению, расширение благоприятных зон в 2010 и 2015 гг. и смещение зон низкой и очень

низкой обеспеченности от нижнего к среднему течению в 2020 г. Наиболее изменчивой зоной являются орошаемые земли среднего течения, наиболее уязвимой – нижнее течение.

Ключевые слова: бассейн Сырдарьи, геоинформационные системы, ArcGIS Pro, база данных, цифровая модель рельефа, водообеспеченность, пространственно-временной анализ, тематическое картографирование.

Abstract. The paper describes a methodology for building a geodatabase that integrates climatic, hydrological, water-management and spatial data for the Syr Darya River Basin, and presents the resulting assessment of spatio-temporal changes in water supply. The database was split into three time blocks and every value was tagged with its provenance status; sub-basins were delineated from a digital elevation model, and five-class water supply maps with fixed class boundaries were produced in ArcGIS Pro for 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 and 2025. Water supply declines consistently from the mountainous upstream area towards the lower reaches; favourable zones expanded in 2010 and 2015, while in 2020 low and very low supply zones shifted from the lower to the middle reaches. Irrigated land in the middle reaches is the most variable zone, and the lower reaches are the most vulnerable.

Keywords: Syr Darya basin, geographic information systems, ArcGIS Pro, geodatabase, digital elevation model, water supply, spatio-temporal analysis, thematic mapping.

Kirish

Transchegaraviy daryo havzalarida suv resurslarini boshqarish uchun suvning qancha hajmda mavjudligini bilishning o‘zi yetarli emas: u qayerda shakllanishi, qayerda iste’mol qilinishi va bu nisbat yillar davomida qanday o‘zgarishi ham muhim. Sirdaryo havzasida oqim asosan Qirg‘iziston va Tojikistonning tog‘li hududlarida hosil bo‘ladi, uning katta qismi esa O‘zbekiston va Qozog‘istonning sug‘oriladigan tekisliklarida ishlatiladi [1, 2]. Natijada bir yilning o‘zida havzaning turli qismlarida suv bilan ta’minlanganlik turlicha bo‘ladi.

Geoaxborot tizimlari (GAT) va masofadan zondlash ma’lumotlari Markaziy Osiyoda sug‘orish suvidan foydalanish, ekinlarning suv talabi va yer qoplami o‘zgarishini baholashda keng qo‘llanmoqda [3–5]. O‘zbekistonda GAT asosida Aydar–Arnasoy ko‘llar tizimi suv sifati [6], Sirdaryo viloyatida yer osti suvlari va tuproq sho‘rlanishi dinamikasi [7, 8] o‘rganilgan. Biroq bu ishlarning aksariyati alohida viloyat, sug‘orish tizimi yoki bitta ko‘rsatkichga qaratilgan bo‘lib, butun Sirdaryo havzasi bo‘yicha iqlim, oqim va suv olish ma’lumotlarini bitta fazoviy modelda bog‘lovchi yondashuv yetarlicha ishlab chiqilmagan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF–6024-son Farmonida suv xo‘jaligi ma’lumotlarini geoaxborot tizimlari bilan integratsiyalash [9], PQ–5005-son Qarorida esa suv obyektlari monitoringida GAT va masofadan zondlashdan foydalanish vazifalari belgilangan [10]. Ushbu maqolaning maqsadi Sirdaryo havzasi uchun ko‘p manbali geoaxborot ma’lumotlar bazasini shakllantirish metodikasini taklif etish va uning yordamida 2000–2025-yillarda suv resurslari bilan ta’minlanganlikning hududiy o‘zgarishini baholashdan iborat.

Tadqiqot metodikasi

Ma’lumotlar bazasining tuzilishi. Ma’lumotlar bazasi uchta vaqt blokidan iborat qilib shakllantirildi: 2000–2024-yillar retrospektiv qatori, 2025-yil bazaviy ko‘rsatkichlari va 2026–2035-yillar ssenariy natijalari. Bloklarning alohida saqlanishi hujjatlashtirilgan va modellashtirilgan qiymatlarni aralashtirib yuborishning oldini oladi. Har bir yozuvga yil, ko‘rsatkich, hududiy birlik, o‘lchov birligi, manba, qayta ishlash usuli va ma’lumot holati biriktirildi. Ma’lumot holati to‘rt toifada qayd etildi: “kuzatilgan”, “hujjatlashtirilgan”, “hisoblangan” va “tiklangan”. Bunday tasnif Jahon meteorologiya tashkilotining gidrologik ma’lumotlar sifatini hujjatlashtirish bo‘yicha tavsiyalariga [11] hamda ilmiy ma’lumotlarni boshqarishning FAIR tamoyillariga [12] mos keladi.

Ma’lumotlar guruhlari quyidagilarni qamradi: iqlim ko‘rsatkichlari (harorat, yog‘in, nisbiy namlik, potensial evapotranspiratsiya), qor ko‘rsatkichlari, To‘qtag‘ul suv omboriga kirim va undan chiqim, havzaning yillik oqimi, jami suv olish, relyef, gidrografik tarmoq, yer qoplami hamda ma’muriy va suv xo‘jaligi infratuzilmasi qatlamlari. Iqlim qatorlari ERA5-Land va CRU TS mahsulotlarining metodik imkoniyatlari hamda mintaqaviy klimatologik tavsiflar asosida havza miqyosida uyg‘unlashtirildi [13, 14], qor ko‘rsatkichlarida MODIS qor mahsulotlari tajribasi hisobga olindi [15].

Dastlabki qayta ishlash. Birinchi bosqichda obyekt nomlari standartlashtirildi (masalan, “Syr Darya Basin” va “Syrdarya River Basin” yozuvlari yagona nom ostiga keltirildi) va davlat, subhavza, suv ombori hamda kuzatuv nuqtalariga takrorlanmaydigan kodlar berildi. Ikkinchi bosqichda o‘lchov birliklari uyg‘unlashtirildi: suv hajmi – km³, suv sarfi – m³/s, yog‘in va evapotranspiratsiya – mm, harorat – °C, nisbiy ko‘rsatkichlar – foiz. Uchinchi bosqichda mantiqiy va statistik sifat nazorati bajarildi: takroriy yozuvlar, bo‘sh qiymatlar, fizik jihatdan mumkin bo‘lmagan qiymatlar (masalan, minimal haroratning o‘rtachadan yuqoriligi yoki manfiy suv ombori kirimi) aniqlandi. Noodatiy qiymatlar avtomatik o‘chirilmay, avval ularning ekstremal tabiiy hodisa yoki boshqaruv qarori bilan bog‘liqligi tekshirildi [11]. Yetishmayotgan gidrologik qiymatlar chiziqli, logarifmik va ridge regressiya yoki ansambl usullari bilan tiklanib, qo‘llangan usul alohida maydonda saqlandi.

Fazoviy asosni shakllantirish. Tayanch qatlam sifatida SRTM raqamli relyef modeli olindi [16]. Model tadqiqot hududi bo‘yicha kesib olingach, sun’iy yopiq botiqlar to‘ldirildi, so‘ng oqim yo‘nalishi va oqim to‘planishi qatlamlari yaratildi. Belgilangan chegaradan katta oqim to‘planishiga ega hujayralar daryo tarmog‘i sifatida ajratildi, asosiy chiqish nuqtalari va gidrologik postlar bo‘yicha subhavza chegaralari shakllantirildi. Olingan tarmoq va chegaralar HydroSHEDS ma’lumotlari bilan solishtirilib, yirik irmoqlarning ulanish nuqtalaridagi nomuvofiqliklar tuzatildi [17]. Saqlash uchun WGS 84 geografik tizimi, maydon, uzunlik va qiyalik hisoblari uchun esa hududga mos proyeksiyalangan koordinatalar tizimi qo‘llandi.

Ma’lumotlar modelida kuzatuv punktlari nuqta, daryo va kanallar chiziq, havza, subhavza, suv omborlari va sug‘oriladigan hududlar poligon, relyef va uning hosilalari esa rastr ko‘rinishida saqlandi. Har bir fazoviy obyekt yagona identifikator orqali yillik jadval bilan bog‘landi: masalan, To‘qtag‘ul suv omborining fazoviy obyekti uning

2000–2025-yillardagi kirim, chiqim va shartli balans qatorlari bilan ArcGIS Pro’ning maydonlarni biriktirish vositasi yordamida ulandi. Natijada GAT kartografik tasvirlar to‘plami emas, fazoviy obyektlar va vaqt qatorlarini birlashtiruvchi analitik muhitga aylandi.

Ta’minlanganlikni xaritalash. Suv bilan ta’minlanganlik beshta sinfga ajratildi: juda yuqori, yuqori, o‘rtacha, past va juda past. Har bir yil uchun sinflarni avtomatik shakllantirish bir xil rangning turli xaritalarda turli qiymatni anglatishiga olib kelgani sababli barcha yillar uchun yagona qo‘lda belgilangan sinf chegaralari va bir xil rang shkalasi qo‘llandi [18]. Sinflashda yillik harorat, yog‘in, PET, iqlimiy suv balansi, To‘qtag‘ul kirimi, havza oqimi va suv olishning oqimga nisbati vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi ko‘rsatkichlar, relyef, daryo tarmog‘i va yuqori–o‘rta–quyi oqim zonalari esa barqaror fazoviy asos sifatida olindi. Havza va subhavza miqyosidagi qiymatlar mayda rastr hujayralarga sun’iy interpolatsiya qilinmadi, chunki bu ma’lumotlarning haqiqiy aniqligidan yuqori bo‘lgan soxta fazoviy tafsilot hosil qiladi [19].

Suv olish bosimi quyidagi ko‘rsatkich orqali ifodalandi:

$$K_SO = (S_o / Q) \times 100 \qquad (1)$$

bu yerda K_SO – suv olishning oqimga nisbati, %; S_o – yillik jami suv olish, km³; Q – havzaning shu yildagi umumiy oqimi, km³. Tahlil uchun besh yillik qadam bilan 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 va 2025-yillar tanlandi.

Natijalar va muhokama

Tanlangan yillar bo‘yicha xaritalash uchun ishlatilgan asosiy ko‘rsatkichlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

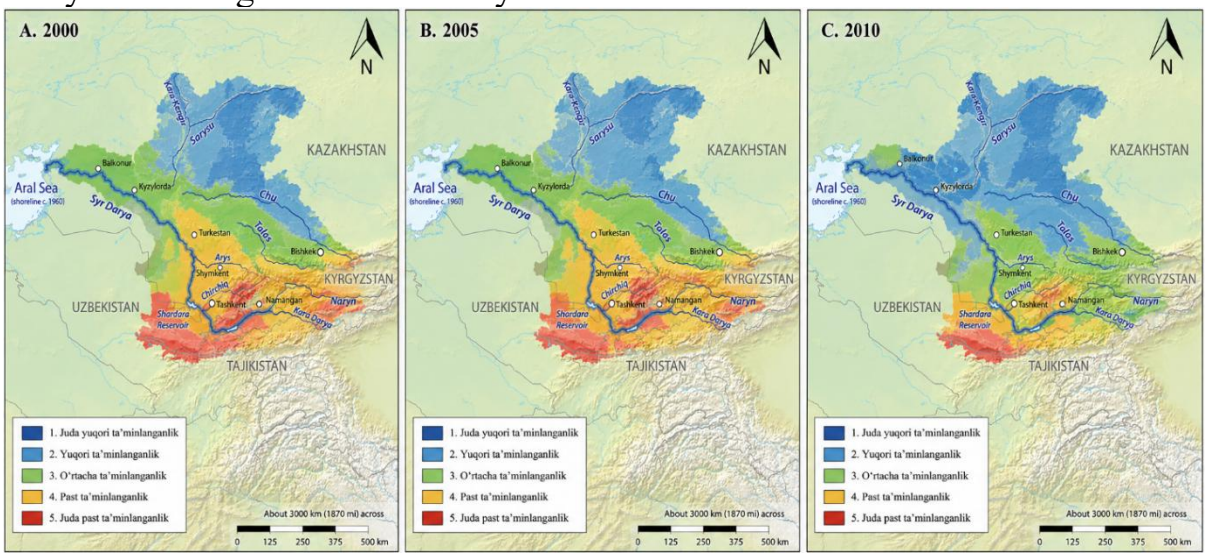
Fazoviy baholash uchun tanlangan yillarning asosiy gidroiqlimiy va suv xo‘jaligi ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	2000	2005	2010	2015	2020	2025
O‘rtacha harorat, °C	10,09	9,99	10,03	10,47	10,49	10,39
Yog‘in, mm	297,18	298,22	325,55	333,70	275,59	291,65
PET, mm	1050,41	1046,59	1047,50	1063,81	1065,40	1059,06
Iqlimiy suv balansi, mm	−753,23	−748,37	−721,95	−730,11	−789,80	−767,41
To‘qtag‘ul kirimi, km³	12,67	12,69	13,78	14,01	11,68	12,33
Havza oqimi, km³	36,00	36,07	40,27	41,11	32,24	33,25
Jami suv olish, km³	13,26	13,28	13,40	13,44	12,41	13,33
Suv olish/oqim, %	36,83	36,82	33,27	32,69	38,49	40,09
Umumiy holat	o‘rtacha	o‘rtacha	qulay	qulay	eng noqulay	noqulay–o‘rtacha

2000 va 2005-yillar. Ikki yil ko‘rsatkichlari bir-biriga juda yaqin: yog‘in farqi 1,04 mm, havza oqimi farqi esa atigi 0,07 km³. Shu sababli ularning xaritalari umumiy tuzilishi bo‘yicha deyarli bir xil (1-rasm, A–B). Tog‘li yuqori oqimda yuqori va juda yuqori sinflar, tog‘oldi va Farg‘ona vodiysi atrofida o‘rtacha sinf, sug‘orish tarmoqlari zich o‘rta oqim qismlarida past sinf, quyi oqim tekisliklarida esa past va juda past

sinflar ustun. Bu sharqdan g‘arbga – suv shakllanish hududlaridan iste’mol hududlari tomon – ta’minlanganlikning bosqichma-bosqich pasayishini aks ettiradi.

2010-yil. Yog‘in 325,55 mm gacha, havza oqimi 40,27 km³ gacha oshgan, suv olish esa deyarli o‘zgarmagan (13,40 km³), natijada suv olishning oqimga nisbati 33,27 foizga tushgan. Xaritada yuqori va o‘rtacha sinflar o‘rta oqim tomon kengaygan, Farg‘ona vodiysidagi ilgari past sinfga kirgan maydonlarning bir qismi o‘rtacha sinfga o‘tgan (1-rasm, C). Bu suv olish hajmi o‘zgarmagan holda oqimning ko‘payishi o‘zi hududiy ta’minlanganlikni sezilarli yaxshilashini ko‘rsatadi.

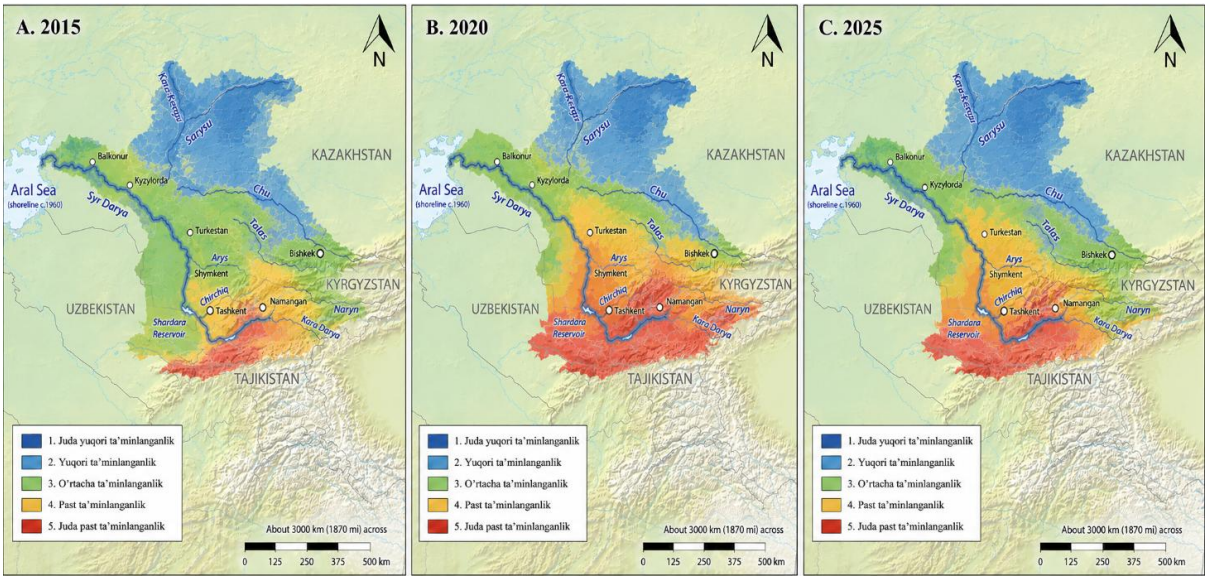


1-rasm. Sirdaryo havzasida suv resurslari bilan ta’minlanganlikning fazoviy taqsimoti: A – 2000, B – 2005, C – 2010-yillar

2015-yil. Harorat (10,47 °C) va PET (1063,81 mm) yuqori bo‘lishiga qaramay, yog‘in (333,70 mm) va oqim (41,11 km³) ko‘pligi sababli suv olish nisbati tanlangan yillar orasida eng past – 32,69 foiz bo‘lgan. O‘rta oqimning katta qismida o‘rtacha va yuqori sinflar shakllangan, juda past sinf maydonlari esa eng kichik (2-rasm, A). Demak, issiq yilda ham yetarli oqim atmosfera suv talabining salbiy ta’sirini qisman qoplaydi.

2020-yil. Fazoviy holat keskin yomonlashgan: yog‘in 275,59 mm gacha kamaygan, iqlimiy suv balansi −789,80 mm ga, oqim 32,24 km³ ga tushgan. Suv olish 12,41 km³ gacha qisqargan bo‘lsa-da, oqim undan tezroq kamaygani uchun suv olish nisbati 38,49 foizga ko‘tarilgan. Past va juda past sinflar quyi oqimdan o‘rta oqim tomon kengaygan, Farg‘ona vodiysi va o‘rta oqimning sug‘oriladigan qismlarida past sinf ustunlik qilgan (2-rasm, B). Shunday qilib, 2020-yilda suv tanqisligi faqat quyi oqim muammosi bo‘lib qolmagan.

2025-yil. Oqim 2020-yilga nisbatan 1,01 km³ ga ko‘paygan, biroq suv olish 0,92 km³ ga oshgani sababli suv olish nisbati 40,09 foizga – tanlangan yillar ichidagi eng yuqori qiymatga yetgan. Xaritada ayrim hududlarda kichik yaxshilanish ko‘rinsa-da, o‘rta va quyi oqimdagi past va juda past sinflar sezilarli qisqarmagan, yuqori sinfning o‘rta oqim tomon davomiyligi esa 2015-yilga qaraganda kam (2-rasm, C).



2-rasm. Sirdaryo havzasida suv resurslari bilan ta’minlanganlikning fazoviy taqsimoti: A – 2015, B – 2020, C – 2025-yillar

Olti yilning umumlashgan tahlili havza zonalari bo‘yicha 2-jadvalda keltirilgan. Qiyosiy natijalarga ko‘ra 2010 va 2015-yillar nisbatan qulay, 2000 va 2005-yillar o‘rtacha, 2020-yil eng noqulay, 2025-yil esa noqulaydan o‘rtachaga o‘tuvchi, ammo yuqori suv olish bosimi saqlangan yil sifatida ajralib turadi.

2-jadval.

Havza zonalari bo‘yicha suv bilan ta’minlanganlikning fazoviy-vaqt xususiyatlari (2000–2025-yillar)

Havza zonasi	Ustun ta’minlanganlik sinflari	Yillararo o‘zgaruvchanlik	Asosiy belgilovchi omil
Yuqori oqim (tog‘li suv shakllanish hududi)	Juda yuqori va yuqori	Past – barcha yillarda nisbatan barqaror	Yog‘in, qor va muzlik suvlari, balandlik
O‘rta oqim (Farg‘ona vodiysi, Toshkent vohasi, Mirzacho‘l)	O‘rtacha va past	Eng yuqori – sinflar yil sayin almashadi	Suv omborlari rejimi, kanallar orqali suv olish
Quyi oqim (Turkiston, Qizilo‘rda, delta)	Past va juda past	O‘rtacha – sersuv yillarda ham zaif	Yuqoridan keladigan oqim, kumulyativ suv olish, bug‘lanish

Natijalarning muhim jihati shundaki, suv tanqisligi zonalari doimiy emas: sersuv yillarda o‘rtacha va yuqori sinflar quyi yo‘nalishda kengayadi, kam suvli yillarda esa past sinflar quyi oqimdan o‘rta oqim tomon siljiydi. Bu xulosa Sirdaryoning o‘rta va quyi oqimidagi o‘zgarishlarda inson faoliyati hal qiluvchi rol o‘ynashi haqidagi oldingi tadqiqotlar bilan mos keladi [20, 21]. Shuningdek, bitta yil va bitta ko‘rsatkich asosida havza holatiga baho berish noto‘g‘ri xulosaga olib kelishi mumkin: 2025-yilda oqim

2020-yildan yuqori bo‘lsa-da, suv olish ortgani sababli hududiy ta’minlanganlik deyarli yaxshilanmagan.

Yondashuvning cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, yillik qatorlarning bir qismi uyg‘unlashtirilgan va statistik tiklangan, fazoviy qiymatlar esa subhavza va oqim zonalari darajasida berilgan. Shu sababli xaritalar alohida nuqtadagi suv sarfi yoki mahalliy zaxirani emas, balki ta’minlanganlikning nisbiy hududiy darajasini ko‘rsatadi. Ikkinchidan, qaytma suvlar, yer osti suvlari bilan almashinuv va suv sifati xaritalashga kiritilmagan. Keyingi bosqichda subhavzalar bo‘yicha mustaqil suv olish ma’lumotlari va masofadan zondlash asosidagi evapotranspiratsiya qatlamlarini qo‘shish orqali fazoviy aniqlikni oshirish mumkin.

Xulosa

1. Sirdaryo havzasi uchun iqlimiy, gidrologik, suv xo‘jaligi va fazoviy ma’lumotlarni yagona kodlar orqali bog‘lovchi, har bir qiymatning kelib chiqish holatini qayd etuvchi uch blokli geoaxborot ma’lumotlar bazasi metodikasi ishlab chiqildi.

2. SRTM relyef modeli asosida subhavzalarni ajratish, HydroSHEDS bilan qiyoslash va yagona sinf chegaralariga ega mavzuli xaritalash turli yillar holatini bevosita taqqoslash imkonini berdi.

3. 2000–2025-yillarda suv bilan ta’minlanganlik tog‘li yuqori oqimdan quyi oqim tomon izchil pasaygan; 2010 va 2015-yillar eng qulay, 2020-yil eng noqulay bo‘lib, bu yilda past ta’minlanganlik zonalari o‘rta oqimga qadar kengaygan.

4. Eng barqaror hudud – yuqori tog‘li suv shakllanish zonasi, eng o‘zgaruvchan hudud – o‘rta oqimdagi sug‘oriladigan yerlar, eng zaif hudud – quyi oqim. Taklif etilgan GAT modeli suv taqsimotini rejalashtirishda xavfli hududlarni oldindan aniqlash uchun qo‘llanilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. United Nations Economic Commission for Europe. Second Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters. – New York; Geneva: United Nations, 2011. – 445 p.

2. Sorg A., Mosello B., Shalpykova G., Allan A., Hill Clarvis M., Stoffel M. Coping with changing water resources: the case of the Syr Darya River Basin in Central Asia // Environmental Science & Policy. – 2014. – Vol. 43. – P. 68–77. DOI: 10.1016/j.envsci.2013.11.003.

3. Conrad C., Usman M., Morper-Busch L., Schönbrodt-Stitt S. Remote sensing-based assessments of land use, soil and vegetation status, crop production and water use in irrigation systems of the Aral Sea Basin: a review // Water Security. – 2020. – Vol. 11. – Art. 100078. DOI: 10.1016/j.wasec.2020.100078.

4. Conrad C., Rahmann M., Machwitz M., Stulina G., Paeth H., Dech S. Satellite based calculation of spatially distributed crop water requirements for cotton and wheat cultivation in Fergana Valley, Uzbekistan // Global and Planetary Change. – 2013. – Vol. 110, Part A. – P. 88–98. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2013.08.002.

5. Ragettli S., Kreiner A., Yakovlev A., Anarbekov O., Al-Zu’bi M., Urazkeldiyev A., Siegfried T. Unraveling agricultural water use in three Central Asian

irrigation oases using remote sensing // Journal of Hydrology: Regional Studies. – 2025. – Vol. 59. – Art. 102414. DOI: 10.1016/j.ejrh.2025.102414.

6. Kulmatov R., Taylakov A., Khasanov S. GIS approach for the evaluation of water resources quality indicators of the Aydar-Arnasay Lakes System in Uzbekistan // Sustainable Water Resources Management. – 2024. – Vol. 10. – Art. 36. DOI: 10.1007/s40899-023-01007-w.

7. Khasanov S., Li F., Kulmatov R. et al. Evaluation of the perennial spatio-temporal changes in the groundwater level and mineralization, and soil salinity in irrigated lands of arid zone: as an example of Syrdarya Province, Uzbekistan // Agricultural Water Management. – 2022. – Vol. 263. – Art. 107444. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107444.

8. Ruziyev I.M., Yusupov G.U., Djalilova G.T., Igamberdiyeva D.A., Kodirova D.A. Development of geographic information system to change the level of soil salinity in Syrdarya region // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2432. – Art. 040041. DOI: 10.1063/5.0097347.

9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi PF–6024-son “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmoni.

10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 24-fevraldagi PQ–5005-son “O‘zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarish va irrigatsiya sektorini rivojlantirishning 2021–2023-yillarga mo‘ljallangan strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Qarori.

11. World Meteorological Organization. Guide to Hydrological Practices. Volume I: Hydrology – From Measurement to Hydrological Information. WMO-No. 168. – Geneva: WMO, 2020.

12. Wilkinson M.D., Dumontier M., Aalbersberg I.J. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship // Scientific Data. – 2016. – Vol. 3. – Art. 160018. DOI: 10.1038/sdata.2016.18.

13. Muñoz-Sabater J., Dutra E., Agustí-Panareda A. et al. ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications // Earth System Science Data. – 2021. – Vol. 13, No. 9. – P. 4349–4383. DOI: 10.5194/essd-13-4349-2021.

14. Harris I., Osborn T.J., Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset // Scientific Data. – 2020. – Vol. 7. – Art. 109. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3.

15. Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V., DiGirolamo N.E., Bayr K.J. MODIS snow-cover products // Remote Sensing of Environment. – 2002. – Vol. 83, No. 1–2. – P. 181–194. DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00095-0.

16. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E. et al. The Shuttle Radar Topography Mission // Reviews of Geophysics. – 2007. – Vol. 45, No. 2. – Art. RG2004. DOI: 10.1029/2005RG000183.

17. Lehner B., Verdin K., Jarvis A. New global hydrography derived from spaceborne elevation data // Eos, Transactions American Geophysical Union. – 2008. – Vol. 89, No. 10. – P. 93–94. DOI: 10.1029/2008EO100001.