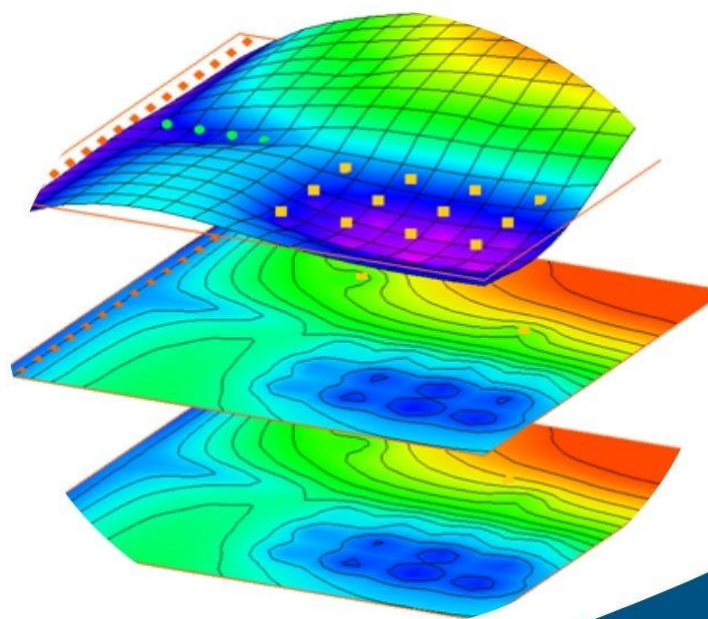


A.M. FATXULLOYEV

J.S. HAMROQULOV

**YER OSTI SUVLARI DINAMIKASINI
GAT ASOSIDA BAHOLASHNI
TAKOMILLASHTIRISH**

MONOGRAFIYA



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI"
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

A.M. FATXULLOYEV, J.S. HAMROQULOV

**YER OSTI SUVLARI DINAMIKASINI
GAT ASOSIDA BAHOLASHNI
TAKOMILLASHTIRISH**

/ MONOGRAFIYA /

**TOSHKENT
2026**

**Monografiya universitet Ilmiy uslubiy Kengashining 2026 yil
28 martda bo'lib o'tgan 6-son majlisida ko'rib chiqildi va chop
etishga tavsiya qilindi**

8737



ISBN 978-9910-8592-0-5
UO'T: 556.3:004.6:631.6

Mazkur monografiyada sug'oriladigan hududlarda yer osti suvlari dinamikasini geoinformatsion, masofaviy zondlash va raqamli modellashtirish texnologiyalari asosida baholash masalalari yoritilib, tabiiy va antropogen omillar hamda sug'orish tizimlari va daryolar gidrologik rejimining yer osti suvlari bilan o'zaro bog'liqligi ilmiy asosda tahlil qilingan.

Monografiyada sug'oriladigan maydonlarda yer osti suvlari sathi va ularning hududiy-mavsumiy o'zgarishlarini baholashda GAT muhitida IDW va Kriging geostatistik usullarining samaradorligi asoslanib, yer osti suvlari rejimini raqamli texnologiyalar asosida modellashtirish va monitoring qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Ushbu monografiya irrigatsiya va melioratsiya, gidrologiya, gidrogeologiya, gidravlika va suv resurslarini boshqarish sohalaridagi ilmiy xodimlar, doktorantlar, mustaqil izlanuvchilar, magistrantlar hamda oliy ta'lim muassasalari talabalari uchun mo'ljallangan.

№5/2022-sonli "Sug'oriladigan maydonlarda daryo gidrologik rejimining yer osti suvlarga ta'sirini baholash" (2022-2024) mavzusidagi ilmiy tadqiqot natijalari hamda 03/17-ITK 2-2-sonli "Qishloq xo'jalik mahsulotlarini yetishtirishda yomg'irlatib (pivot) tizimini rivojlantirish" mavzusidagi davlat granti asosida amalga oshirilgan tadqiqot natijalari asosida tayyorlangan.

Mas'ul muharrir: t.f.d. prof. F.Gapparov

Taqrizchilar: t.f.d., prof. A.Yangiyev
t.f.f.d., dots. Sh.Akmalov

A.M. Fatxulloyev, J.S. Hamroqulov

/ Yer osti suvlari dinamikasini gat asosida baholashni takomillashtirish /

Monografiya. -T.: "TIQXMMI" MTU, 2026. 80 bet.

**©. "TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO`JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI"
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI ("TIQXMMI" MTU), 2026**

KIRISH

Jahon miqyosida global iqlim o'zgarishi, aholi sonining ortishi hamda qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining kengayishi suv resurslariga bo'lgan talabni keskin oshirmoqda. Ayniqsa, sug'oriladigan hududlarda suv resurslaridan oqilona foydalanish, yer usti va yer osti suvlarining o'zaro bog'liqligini chuqur o'rganish, ularning miqdoriy va sifat ko'rsatkichlarini doimiy monitoring qilish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Bu sharoitda yer osti suvlari rejimini zamonaviy axborot texnologiyalari asosida baholash va boshqarish usullarini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda yer osti suvlari dinamikasini baholashda geoinformatsion tizimlar (GAT), masofaviy zondlash (MZ), geostatistik tahlil va raqamli modellashtirish texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. AQSh, Yevropa Ittifoqi mamlakatlari, Xitoy, Yaponiya, Avstraliya va boshqa davlatlarda ushbu texnologiyalar yordamida yer osti suvlari sathi, ularning mavsumiy va ko'p yillik o'zgarishlari, sug'orish va drenaj tizimlari bilan bog'liqligi aniqlanib, meliorativ holatni boshqarish bo'yicha samarali qarorlar qabul qilinmoqda. Shunga qaramay, sug'oriladigan hududlarda yer osti suvlari dinamikasini baholashning yagona, integratsiyalashgan va raqamli texnologiyalarga asoslangan yondashuvlarini takomillashtirishga ehtiyoj saqlanib qolmoqda.

Respublikamizda sug'oriladigan yerlarning katta qismi yer osti suvlari sathi va ularning dinamik o'zgarishlariga bevosita bog'liq bo'lib, ushbu jarayonlar ekinlar hosildorligi, tuproqlarning sho'rlanishi hamda meliorativ holatning barqarorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Daryolar gidrologik rejimining o'zgarishi, sug'orish tarmoqlari va kollektor-drenaj tizimlarining ishlash sharoitlari yer osti suvlari rejimini shakllantiruvchi asosiy omillar hisoblanadi. Shu bois, sug'oriladigan hududlarda yer osti suvlari dinamikasini an'anaviy kuzatuvlar bilan bir qatorda zamonaviy geoinformatsion va raqamli texnologiyalar yordamida baholash dolzarb vazifa hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarish, yer osti suvlarini muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanish masalalariga davlat siyosati

darajasida alohida e'tibor qaratilmoqda. Jumladan, "O'zbekiston – 2030" strategiyasida suv resurslarini tejash, suv obyektlari ustidan monitoringni kuchaytirish va raqamli texnologiyalarni joriy etish ustuvor vazifalar sifatida belgilangan. Shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 10 iyuldagi PF-6024-sonli "O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Farmoni hamda yer osti suvlariga oid qator normativ-huquqiy hujjatlarda suv resurslarini hisobga olish, monitoring qilish va boshqarishda raqamli texnologiyalarni keng joriy etish vazifalari belgilab berilgan.

Mazkur vazifalarni amalga oshirishda sug'oriladigan hududlarda yer osti suvlari dinamikasini baholash usullarini takomillashtirish, GAT, masofaviy zondlash, geostatistik va raqamli modellashtirish texnologiyalarini kompleks qo'llash orqali yer osti suvlari rejimini chuqur tahlil qilish alohida ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Bu esa suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish, meliorativ holatni barqarorlashtirish va sug'oriladigan yerlarning ekologik holatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Shu nuqtayi nazardan, ushbu monografiya sug'oriladigan hududlarda yer osti suvlari dinamikasini geoinformatsion va raqamli texnologiyalar asosida baholashni takomillashtirishga qaratilgan bo'lib, olingan natijalar suv xo'jaligi amaliyotida, monitoring tizimlarini rivojlantirishda hamda ilmiy-tadqiqot ishlarida foydalanish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

I-BOB. YER OSTI SUVLARINING SHAKLLANISHI VA ULARGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR BO'YICHA NAZARIY VA AMALIY TADQIQOTLARNING HOZIRGI HOLATI

1.1-§. Yer osti suvlari shakllanishi va ularga ta'sir etuvchi omillar bo'yicha tadqiqotlarning hozirgi holati

Yer osti suvlari gidrosferaning muhim tarkibiy qismi bo'lib, ularning shakllanishi va rejimining o'zgarishi global va mintaqaviy suv resurslari holatini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Yer osti suvlarining paydo bo'lishi murakkab tabiiy jarayon bo'lib, u atmosfera yog'inlari, yer yuzasi va yer qa'ri o'rtasidagi gidrologik almashinuv, geologik tuzilma, relyef xususiyatlari, iqlim sharoiti hamda antropogen ta'sirlar bilan uzviy bog'liqdir. Suv aylanishi jarayonining barcha bosqichlari - yog'inlarning tushishi, infiltratsiya, sirt oqimi va bug'lanish - yer osti suvlarining shakllanishi, oziqlanishi va harakatlanish rejimiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli mazkur masala gidrologiya va gidrogeologiya fanlarining ustuvor va dolzarb yo'nalishlaridan biri bo'lib, ko'plab ilmiy tadqiqotlarda keng yoritilgan.

Hozirgi kungacha olib borilgan ilmiy izlanishlar yer osti suvlarining shakllanishini tushuntirishga qaratilgan bir qator nazariy konsepsiyalarni shakllantirdi. Ushbu nazariyalar tarixiy rivojlanish jarayonida tajribaviy va nazariy tadqiqotlar asosida boyitilib, umumlashtirilgan holda bir nechta asosiy nazariyalar ko'rinishida izohlanadi.

Kondensatsiya nazariyasiga ko'ra (Otto Folger, A.F. Lebedev, L.S. Leybenson, V.I. Vernadskiy va boshqalar), yer osti suvlarining muhim manbai tog' jinslari g'ovaklarida va yoriqlarida suv bug'larining kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'ladi. Ushbu nazariya asosan quruq va yarim quruq iqlim sharoitlariga ega hududlar uchun xos bo'lib, cheklangan geologik sharoitlarda qo'llaniladi.

Infiltratsiya nazariyasi (J. Dyupi, A. Darsi, N.E. Jukovskiy, A.I. Shiklomanov va boshqalar) esa yer osti suvlarining shakllanishida atmosfera yog'inlari, qor erishi suvlari hamda sug'orish jarayonida yerga singadigan suvlarni asosiy manba sifatida qaraydi. Mazkur nazariya hozirgi zamon gidrogeologiyasida eng keng e'tirof etilgan bo'lib, aksariyat tabiiy va sug'oriladigan hududlarda yer osti suvlarining asosiy oziqlanish mexanizmini izohlaydi.

Sedimentatsion suvlar nazariyasi (V.I. Vernadskiy, N.K. Ignatovich, G.N. Kamenskiy, K.I. Markov, A.M. Ovchinnikov va boshqalar) cho'kindi jinslarning hosil bo'lish jarayonida ularning g'ovak muhitida saqlanib qolgan suvlarni yer osti

suvlarining muhim tarkibiy qismi sifatida ko‘rib chiqadi. Ushbu nazariya, ayniqsa, chuqur joylashgan akviferlar va yopiq suv qatlamlarini tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega.

Yuvenil suvlar nazariyasi (V.I. Vernadskiy, F. Forxgeymer, A.N. Semixatov va boshqalar) magmatik va vulkanik jarayonlar bilan bog‘liq holda chuqur geologik qatlamlardan ajralib chiqadigan suvlarning mavjudligini asoslaydi. Relikt suvlar nazariyasi (K.R. Meinzer, H. Toth, A.P. Pavlov, N.S. Shatskiy va boshqalar) esa qadimgi geologik davrlarda hosil bo‘lgan va cho‘kindi jinslar orasida uzoq vaqt davomida saqlanib qolgan suvlarning hozirgi yer osti suv tizimidagi rolini ochib beradi. Aralashma nazariyasi esa yer osti suvlari turli manbalardan kelib chiqib, gidrogeologik muhitda o‘zaro aralashishi natijasida shakllanishini ta’kidlaydi.

So‘nggi o‘n yilliklarda olib borilgan kompleks tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, yer osti suvlarining shakllanishida infiltratsiya jarayoni yetakchi o‘rinni egallaydi. Ayniqsa, sug‘oriladigan hududlarda yog‘inlar, daryo va kanallardan filtratsiya qilinadigan suvlar hamda qayta sug‘orish oqimlari yer osti suvlarining asosiy oziqlanish manbai hisoblanadi. Shu bilan birga, ayrim geologik va iqlim sharoitlarida kondensatsiya, yuvenil va relik suvlarning ham ma’lum darajada ishtirok etishi aniqlangan. Markaziy Osiyo mintaqasida olib borilgan tadqiqotlar daryo vodiylari va sug‘oriladigan massivlarda filtratsion oqimlarning yer osti suvlari balansida muhim o‘rin tutishini tasdiqlaydi.

Zamonaviy ilmiy yondashuvlarga ko‘ra, yer osti suvlarining shakllanishi yagona nazariya bilan emas, balki kompleks tizimli yondashuv orqali izohlanadi. Gidrologik sikl konsepsiyasi suvlarning atmosfera, yer yuzasi va yer qa’ri o‘rtasidagi uzluksiz almashinuvini ifodalaydi. Porozlik va permeabellik nazariyalari tog‘ jinslarining suvni saqlash va o‘tkazish xususiyatlarini aniqlashga xizmat qiladi. Gidrodinamik yondashuv bosim farqlari va gidravlik gradientlar asosida suv oqimlarining harakatini baholaydi, bu esa yopiq va artezian akviferlar uchun ayniqsa muhimdir.

Hozirgi davrda yer osti suvlari shakllanishini o‘rganishda geofizik usullar, izotopli tahlillar, masofaviy zondlash ma’lumotlari, raqamli modellash va GIS texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu zamonaviy metodlar yer osti suvlarining miqdoriy va sifat ko‘rsatkichlarini aniqlash, ularning dinamikasini baholash hamda suv resurslaridan oqilona va barqaror foydalanish strategiyalarini ishlab chiqish imkonini bermoqda. Umuman olganda, yer osti suvlari shakllanishi ko‘p omilli, murakkab va doimiy o‘zgaruvchan jarayon bo‘lib, uni chuqur o‘rganish zamonaviy ilmiy yondashuvlar va integratsiyalashgan tadqiqot metodlarini talab etadi.

1.2-§. Sugʻoriladigan hududlarda yer osti suvlari rejimini oʻrganishga doir tadqiqotlar tahlili

Sugʻoriladigan yerlarda tarqalgan yer osti suvlari rejimining shakllanishi tabiiy sharoit va oʻtkazilayotgan meliorativ tadbirlar bilan bevosita bogʻliq. Yer osti suvlarining xususiyati - ularni yotish chuqurligi, harorati, minerallashtirilganligi, kimyoviy tarkibi va boshqa parametrlar yil davomida, yillar va koʻp yillar davomida oʻzgaruvchan xarakterga ega boʻladi.

Yer osti suvlari sathining kunlik oʻzgarishi suvsevar oʻsimliklar qobigʻi ostida ham kuzatiladi. Shu bilan birga, mavsumiy oʻzgarish amplitudasi bir necha oʻn santimetrdan 10-15 metrgacha yetishi mumkin. Ushbu hodisa shagʻallardan tashkil topgan togʻoldi hududlarida va allyuvial yer osti suvlar oqimlarida kuzatiladi. Koʻp yillik oʻzgarish amplitudasi mavsumiy oʻzgarish amplitudasidan ancha katta boʻladi. Oʻrta Osiyoda yangi sugʻoriladigan yerlarda filtratsiya jarayoni natijasida yer osti suvlarining sathi 50-60 metr chuqurlikdan 2-3 metr yer yuzasigacha koʻtarilishi kuzatilgan. Yer usti va yer osti suvlari oʻrtasidagi oʻzaro almashuv jarayoni vaqt omili bilan ham belgilanadi. Oqim qatlami yer usti va yer osti suvlarining fizik chegarasini tashkil etadi; uning gidravlik parametrlari asosan daryodagi suv oqimlari bilan yer osti suvlarining oʻzaro taʼsirini belgilaydi.

A.Darsi qonuni asosida yer osti suvlarining bosimli va bosimsiz sharoitlarda oqim qonuniyatlari aniqlangan boʻlib, bu keyingi nazariy tadqiqotlarning fundamental bazasini tashkil qiladi. Ushbu nazariya asosida daryo-kollektor-sizot suvlari oʻrtasidagi gidravlik bogʻlanishlarni modellashtirish imkoniyati koʻrib chiqilgan.

Yer osti va yer usti suvlarining oʻzaro almashuvi gidrogeologik siklning asosiy jarayonlaridan biri hisoblanadi. Yer osti suvlarining rejimini oʻrganish Moskva davlat universiteti Hidrogeologiya kafedrasining anʼanaviy tadqiqot yoʻnalishlaridan biridir.

Dastlab, 1951 yilda M.M. Krilov Oʻrta Osiyoda yer osti suvlari rejimini, sugʻoriladigan yerlarning meliorativ holatini baholab, qishloq xoʻjaligi ekinlaridan hosil olishni oshirish maqsadida turli meliorativ tadbirlar oʻtkazgan. Natijada sugʻoriladigan yerlarda suv rejimini tartibga solish boʻyicha ilmiy-amaliy asos yaratgan boʻlsa-da, uzoq muddatli monitoring va bashorat qilish imkoniyatlari yetarlicha taʼminlanmagan.

Keyinroq, 1964 yilda N.A. Kenesarin va N.N. Xodjibayev turli tabiiy sharoitlarda tarqalgan yer osti suvlarining shakllanishini o'rgangan va shakllanish qonuniyatlarini aniqlash orqali yerlarning hosildorligini oshirish maqsadida gidrogeologik sharoitni o'rganish usullarini ishlab chiqqan. Ushbu tadqiqotning ustun jihati - yer osti suvlarini chuqur o'rganishga asoslangan tizimli yondashuv, biroq zamonaviy monitoring usullari yetarlicha qo'llanilmagan.

D.M. Kats sug'oriladigan hududlardagi yer osti suvlari rejimining o'zgarishini, melioratsiya qilingan hamda kelgusida melioratsiya qilinishi mumkin bo'lgan yerlarning gidrogeologik sharoitlarini chuqur o'rganib, gidrogeologik o'zgarishlarni oldindan baholash va bashorat qilish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borgan. Shuningdek, u gidromeliorativ tizimlar ekspluatatsiyasi jarayonida yer osti suvlari monitoringi rejimini o'rganish usullarini ishlab chiqqan lekin avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari yetarlicha tatbiq etilmagan.

S.L. Shestakov va uning ilmiy maktabi tomonidan ishlab chiqilgan gidrogeologik tenglamalar (suv o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, filtratsiya oqimi, suv balansining matematik ifodalanishi) sug'oriladigan maydonlarda suv almashinuvi jarayonlarini nazariy asosda modellashtirish imkonini bergan.

A.N. Kostyakov filtratsiya nazariyasi asosida suvning tuproq qatlamlarida harakatini matematik tenglamalar orqali ifodalab, sug'oriladigan maydonlarda sizot suvlarining ko'tarilishi va yer osti oqimlari shakllanishini tushuntirishda nazariy asos yaratgan.

So'nggi yillarda P.Y. Vasilevskiy arid hududlarda yer usti va yer osti suvlarining bog'liqligini hamda antropogen omillar ta'sirida o'zgarishini o'rgangan. Suv resurslaridan samarali foydalanish va hududning geoeologik muammolarini hal etish zarurati bilan bog'liq holda daryoning quyi oqimida yer usti va yer osti suvlari o'rtasidagi o'zaro munosabatlar baholangan. Tadqiqotning afzalligi - zamonaviy yondashuv va fazoviy-bosqichli tahlilning qo'llanilishi, ammo natijalar qisqa muddatli ma'lumotlarga asoslangani bois uzoq muddatli monitoring cheklangan.

Shunday qilib, sug'oriladigan maydonlarda yer osti suvlari sathining shakllanishi va o'zgarishi yer usti suvlarining gidrologik rejimi, tabiiy-geologik sharoit va irrigatsiya-melioratsiya tadbirlarining ta'siri ostida sodir bo'lib, ushbu jarayonlarni ilmiy asoslash suv resurslaridan samarali foydalanishning muhim omillaridan biridir.

1.3-§. Yer osti suvlarini baholash va modellashtirishda zamonaviy yondashuvlar

Yer osti suvlarining miqdoriy baholash usullari va ularni modellashtirish masalalari gidrogeologiyaning rivojlanib borayotgan ilmiy yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, suv resurslaridan samarali foydalanish va meliorativ tadbirlarning natijadorligini aniqlashda alohida ahamiyat kasb etadi. Ushbu yo‘nalishning ilmiy asoslari XIX asr o‘rtalaridan boshlab shakllangan bo‘lib, dastlabki tadqiqotlar filtratsiya jarayonlari qonuniyatlarini aniqlash orqali rivojlangan.

XIX asr o‘rtalarida A. Darsi yer osti suvlarining filtratsiya jarayonlarini alohida fan sifatida o‘rganib, 1856-yilda turli tajribalar asosida suvning g‘ovak muhitdan harakatini tahlil qilgan va keyinchalik keng qo‘llaniladigan Darsi qonunini ishlab chiqqan.

Yer osti oqimlarining gidravlikasini o‘rganishda Ch. Slixter ideal va fiktiv grunt tushunchalarini kiritib, fiktiv gruntlarning g‘ovakligi zarrachalarning zichligiga bog‘liq, diametrga esa bog‘liq emasligini ko‘rsatgan. N.U. Jukovskiy esa XIX asr oxirlarida “Yer osti suvlari harakati haqida nazariy tadqiqot” ilmiy ishida filtratsiya jarayonining differensial tenglamalarini keltirib chiqdi. Yer osti suvlarining bosimi koordinatalarning funksiyasi sifatida Laplas tenglamasi yordamida ifodalangan.

Turli xil tajribalar asosida A.Darsi qonunini nazariy tadqiqotlar olib borgan I.Dyupyui gidravlik asoslab beradi. Qolaversa XIX asr oxiri – XX asr boshlarida I.Dyupyuidan tashqari bu nazariyani fransuz olimi Jozef Bussineks o‘zining asarlarida yoritib o‘tgan. Bu nazariyalar hali ham filtratsiyaning gidravlik hisob-kitoblarida hamda yer osti suvlari harakatini modellashtirishga asos bo‘lib xizmat qilmoqda. I.Dyupyuining gidravlik nazariyasini Avstriyalik olim F.Forxgeymar 1856 yilda umumlashtirgan hamda yer osti suvlari gidravlikasi va gidrodinamikasi masalalarini yechishning potentsial nazariyasi usulini tadbiq etgan.

1920 yilga kelib L.S.Leybenzon tomonidan g‘ovak muhitda suyuqlik harakatining differensial tenglamasi keltirib chiqarildi.

Yer osti suvlari gidravlikasi masalalarini yechishda N.N.Pavlovskiy matematik va fizikaning chegaraviy shartlari orqali umumiy yechish usullarini ko‘rsatib berdi. N.N.Pavlovskiy yer osti suvlari harakatiga oid masalalarini yechish uchun elektrogidrodinamik analog usulini taklif etgan.

Yer osti suvlari harakatini o‘rganish I.Dyupyui tomonidan nazariy tadqiqotlar olib boriladi va A.Darsining tajribaviy qonunini gidravlik jihatdan asoslab beradi.

Bosim mukammal bo'lgan quduqqa 1 va 2 tomonlama oqim uchun Dyupui tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$q_{\lambda} = \frac{2 \cdot \pi \cdot K_2 \cdot m_2}{R_{bos} \cdot l_n} \quad (1.1)$$

$$q = \frac{K_1 \cdot K_2}{2} \cdot \frac{h_a^2 - h_{np}^2}{\kappa_2 r_c + \kappa_2 (R - r_c)} \quad (1.2)$$

1856 yilda Avstriyalik olim F.Forxgeymer potensial nazariya usulidan keng foydalanib, yer osti gidravlikasi masalalariga yechim topadi. Bundan tashqari F.Forxgeymer va A.J.Muftaxovlar aylanma ta'minotga ega bosimli quduqlar uchun bosim va yer osti suvlari uchun sarf tenglamalarini keltirib chiqarishadi va u quyidagi ko'rinishga ega.

$$h_{Ai} = H - \frac{1}{237} \sum Q \lg \frac{R}{r_1} \quad (1.3)$$

$$Q = \frac{2\pi\kappa(H_2^2 - Y^2)}{\ln \frac{R}{X_0}} \quad (1.4)$$

F.Forxgeymer tomonidan "Gidrogeologik oynalar" mavjud bo'lganda quduqqa radial oqim sarfini aniqlashda quyidagi formulani taklif qilgan.

$$Q = \frac{2\pi\kappa m S}{\ln \frac{R}{r_c} + \zeta_{\text{приф}} - 0,5} \quad (1.5)$$

Ko'p qatlamli, naporsiz filtratsion sxema uchun hisobiy debitni aniqlashda M.B.Altovskiy tomonidan quyidagicha yondoshilgan.

$$Q = \varphi_1(C_1) + \varphi_2(C_2) \quad (1.6)$$

Naporsiz ixtiyoriy quduq uchun F.M.Bochever, N.N.Verigin quyidagi tenglamani taklif etishgan.

$$Q = k_2 \pi r h \frac{dh}{dr} \quad (1.7)$$

$$y^2 - h_{0j}^2 = \frac{q}{\pi k} \ln \frac{x_j}{r_j} \quad (1.8)$$

B.K.Saliyev aylana bo'ylab joylashgan, bir-biriga o'zaro ta'sir qiluvchi va naporsiz quduqlarning sathini aniqlash uchun quyidagi tenglamani taklif etgan.

$$h_y = H - \frac{nQ(\lg R_{\sigma.k.} - \lg r)}{2,37 K_{cp} \cdot m_{cp}} \quad (1.9)$$

Asosan tekis barqaror oqimlarni o'rganish uchun ba'zan gidrodinamik to'r yoki harakat to'ri deb ataladigan oqim chiziqlari va teng potensialli chiziqlarni qurish katta ahamiyatga ega.

Bunday to‘r oqimning tabiatini ko‘rsatib beradi va harakat tekisligining turli nuqtalarida o‘rtacha tezliklarni topish imkoniyatini yaratib beradi.

Bir jinsli bo‘lmagan gruntlar uchun bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o‘tishda ikki grunt chegarasidagi oqim chiziqlarining sinishi qonunini inobatga olish kerak. Bir jinsli bo‘lmagan gruntlarda to‘r qurish usullari N.K.Grinskiy va S.F.Averyanov ishlarida ishlab chiqilgan. To‘rni qurishda o‘qqa simmetrik bo‘lgan elektrostatik maydonlarni qurish uchun ishlatiladigan usullardan foydalanish mumkin.

Yig‘indilar usulida filtratsiya nazariyasidagi bir qator masalalar Gelmgols o‘z tenglamasiga keltiriladi, ular uchun chegaraviy masala yechimini tavsiya etgan.

$$\Delta u - 2cu = f(x, y) \quad (1.11)$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \quad c = \text{const} \quad (1.12)$$

G.N.Poloj ayrim kanonik sohalar uchun tenglamalarni chegaraviy masalalarini chekli ayrimalar usulida yechish usulini kiritdi, uni yig‘indilar usuli deb atadi. Unda maxsus P-transformatsiyani kiritish orqali chekli ayrimalar orqali tenglamani yechish oddiy chekli ayrimalar usuliga keltiriladi. Bu yechim yopiq shaklda yozilgan bo‘lib, Grin funksiyasi yordamida chiziqli differensial tenglamalar yechimlarini integral ko‘rinishida tasvirlashning diskret analogi hisoblagnadi.

F.Vaynig, A.Shilds va M.Braytenoder grafo-analitik usuldan foydalanib bir nechta masalalarni ko‘rib chiqdilar. G.K.Mixaylov drenaj qurilmasining shakli masalasini hal qilishda EGDA usuli bilan birgalikda F.Vaynig va A.Shilds usulini qo‘llagan.

S.F.Averyanov yer osti suvlari harakatiga doir sxemalarni keltirib, ularni o‘rganishda qanday muammolar paydo bo‘lishini ko‘rsatadi. Agar yer osti suvlarining yuzasi yer yuzasiga yaqin bo‘lsa, u holda yer osti suvlarining intensiv bug‘lanishi va ularning tuproq kapillarlarlari bo‘ylab ko‘tarilishi mumkinligi inobatga olgan.

Yer osti suvlarining barqaror harakati va elektr tokining harakati o‘rtasida o‘xshashlik mavjud bo‘lib, u ikkala hodisa bir xil chegara shartlari va bir xil turdagi differensial tenglamalar yordamida ifodalanadi. Bu o‘xshashlik N.N.Pavlovskiy tomonidan 1918-yildayoq yer osti suvlari harakatini o‘rganishda uchragan bir qancha muammolarni eksperimental tarzda yechishda foydalanilgan.

Darsi qonunini qanoatlantirmaydigan va filtratsiya koeffitsiyenti K tezlik funksiyasi bo‘lgan holatlar uchun S.A.Xristianovich EGDA usulida yer osti suvlarining harakati chiziqli qo‘llanilishini mumkinligini ko‘rsatdi.

Ba'zi hollarda yer osti suvlari sathi va yo'nalishini aniqlashda prognozlash usulini qo'llash mumkin, bunda har bir vaqt momentidagi harakat barqaror deb qaralishi lozim. Bunday turdagi birinchi tadqiqot K.E.Lembkega tegishli bo'lib, gorizontaal drenaj va vertikal quduq mavjud bo'lganda suvli qatlamni drenajlash muammosini ko'rib chiqdi.

Chekli ayrimalar usuli hozirgi vaqtda parabolik tipdagi tenglamalarni sonli yechish uchun turli xil ko'rinishda keng qo'llaniladi. Filtratsiya nazariyasida bu usulni birinchilardan bo'lib G.N.Kamenskiy qo'llagan bo'lib, Moskva-Volga kanalining kesimi uchun hisob-kitoblarni amalga oshirgan.

Filtratsiya muammolarini hal qilish uchun statistik sinovlar (Monte-Karlo) usuli ko'p qo'llaniladi.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) \quad (1.13)$$

Hozirgi vaqtda filtratsiya nazariyasida sonli yechimlar, Monte-Karlo statistik sinovlari, variatsiyalash va ayrimalar usullari keng qo'llaniladi. V.L. Danilov Eyler usuli analogini, A. Begmatov esa umumlashtirilgan Nyuton usulini tadbiiq qilgan. Laminar oqim va filtratsiya koeffitsienti o'rtasidagi o'xshashlik E.A. Zamarin va X.S. Xile-Shou tomonidan amaliy tadqiqotlarda qo'llanilgan.

O'zbekiston sharoitida yer osti suvlarining o'zgarishi bo'yicha Egamberdiyev X.S., A.M.Fatxulloyev, J.S.Hamroqulov, F.A.Oxunovlar ko'p qatlamli g'ovak muhitlarda geofiltratsiya jarayonlarini matematik modelashtirgan. A. Arifjanov va Z. Abdulxayevlar yer osti suvlari sathining mavsumiy va ko'p yillik o'zgarishlarini hisobga olgan gidravlik model ishlab chiqqan. S. Saidov sug'oriladigan maydonlarda yer osti suvlarining o'zgarishini simulyatsiya qilishga doir matematik modellar yaratgan. Shu bois, mavjud ilmiy manbalar tahlili yer osti suvlari dinamikasini miqdoriy baholash va modelashtirishda zamonaviy usullar va texnologiyalarni qo'llashning dolzarbligini ko'rsatadi.

1.4-§. Geoaxborot va masofaviy zondlash texnologiyalarining yer osti suvlari tadqiqotlaridagi o'rni

Sug'oriladigan maydonlardagi yer osti suvlarining meliorativ holatini baholashda geoaxborot texnologiyalarining qo'llanilishi so'nggi yillarda Respublikamiz va xorijda keng o'rganilmoqda. Ushbu sohada olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida geoaxborot texnologiyalarining meliorativ monitoringda

samarali qo'llanilishi, tuproq namligi va yer osti suvlari dinamikasini aniqlashda muhim ahamiyatga ega ekanligi isbotlangan.

So'nggi o'n yilliklarda yer osti suvlari monitoringi va meliorativ holatini baholashda geoaxborot tizimlari (GIS) hamda masofaviy zondlash (Remote Sensing, RS) texnologiyalarining qo'llanishi jahon miqyosida gidrogeologiya, irrigatsiya va melioratsiya tadqiqotlarining ajralmas qismiga aylandi. Qator Q1 darajadagi ilmiy jurnallarda e'lon qilingan maqolalarda ushbu texnologiyalarning samaradorligi ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

Rodell va boshqalar (2009, Nature Geoscience, Q1) tomonidan GRACE sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida O'rta Osiyo va Hindiston havzalarida yer osti suvlarining kamayishi monitoring qilingan va natijalar global suv balansini baholashda fundamental ahamiyat kasb etishi ko'rsatib berilgan.

Famiglietti va boshqalar (2014, PNAS, Q1) esa masofaviy zondlash ma'lumotlari orqali Kaliforniya havzasidagi yer osti suvlarining dinamikasini tahlil qilib, qurg'oqchilik davrida yer osti suvlari iste'moli keskin ortishini ilmiy asosda isbotlagan.

Shuningdek, Scanlon va boshqalar (2012, Water Resources Research, Q1) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda yer osti suvlarining monitoringida GIS-RS integratsiyasi, xususan MODIS va Landsat tasvirlari asosida bug'lanish va infiltratsiya jarayonlarini baholash usullari ishlab chiqilgan.

Xitoylik olimlar, jumladan Chen et al. (2020, Science of the Total Environment, Q1) tomonidan sug'oriladigan maydonlarda tuproq namligi, sizot suvlar sathi va tuzlanish darajasini fazoviy kuzatishda GIS va RS texnologiyalarining integratsiyasi samarali ekani ko'rsatildi.

Markaziy Osiyo bo'yicha esa Immerzeel va boshqalar (2010, Science, Q1) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda masofaviy zondlash asosida daryo havzalaridagi muzliklardan suv resurslari shakllanishi hamda irrigatsiya uchun suv taqsimoti jarayonlari tahlil qilingan. Ushbu tadqiqotlar natijasida sug'oriladigan maydonlarda yer osti suvlarining shakllanishi va ularning barqarorligi bo'yicha yangi nazariy yondashuvlar taklif etilgan.

Qolaversa Qoraqalpog'iston Respublikasida ushbu yo'nalishda olib borilgan tadqiqotlar geoaxborot tizimlaridan foydalangan holda yer osti suvlarining sathini monitoring qilish va meliorativ jarayonlarni modellastirish imkonini bergan. Xitoylik olimlar Chen Xi, Liu Tie va Pan Xiaohui tomonidan amalga oshirilgan

tadqiqotlarda geoaxborot texnologiyalarining yer osti suvlarini o'rganishdagi o'rni, shuningdek, suv resurslarini samarali boshqarish masalalari yoritilgan.

O'zbekistonda ham geoaxborot texnologiyalaridan foydalanish bo'yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, Toshkent hamda Sirdaryo viloyatlarida G.U.Yusupov, B.M.Xolbayev va Sh.B.Akmalovlar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar davomida yer osti suvlarining sath o'zgarishlarini tahlil qilish va baholashda geoaxborot tizimlarining imkoniyatlari o'rganilgan. Ushbu tadqiqotlar natijasida meliorativ monitoring tizimini takomillashtirish hamda aniq bashorat qilish metodikalarini ishlab chiqish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

O'. Mardiyev, B.Abdullayev va A.Zokirovalar tomonidan yer osti suvlarini telekommunikatsiya va geoaxborot (GIS) texnologiyalari asosida avtomatik monitoring qilish tizimi ishlab chiqilgan. Ushbu yondashuvda asosiy e'tibor monitoring ma'lumotlarini real vaqt rejimida uzatish, ularni markazlashgan ma'lumotlar bazasida saqlash hamda mavjud natijalarni tahlil qilish orqali prognozlash usullarini takomillashtirishga qaratilgan. Ilmiy ishda eksrapolyatsiya asosidagi tahliliy algoritmlar yordamida yer osti suvlarining kelajakdagi o'zgarishlarini yuqori aniqlikda bashorat qilish imkoniyati yaratilgan.

Sug'oriladigan maydonlarning meliorativ holatini doimiy nazorat qilib borish uchun yer osti suvlari rejimi va balansi, suv-tuz balansi, tuproqlarning sho'rlanish darajasi va xarakteri, shuningdek, tuz yuvilish dinamikasi hamda tuproqning suv-fizik xossalardagi o'zgarishlar ustidan tizimli kuzatuv olib borish zarur. Bunda yerlarning meliorativ holatini belgilovchi tabiiy va irrigatsion-xo'jalik omillari hamda ko'rsatkichlari bo'yicha monitoring usullari qo'llaniladi. Melioratsiya ishlari olib borilayotgan maydonlarda amalga oshirilgan gidrogeologik, tuproq-meliorativ va gidrologik nazorat-kuzatuv ishlari natijalari yig'iladi, tartibga keltiriladi, saqlanadi va qayta ishlanadi.

Sug'oriladigan maydonlarning gidrogeologik-meliorativ monitoringini bugungi holati va ularni geoaxborot texnologiyalari (GAT) asosida takomillashtirish vazifalari hozirgi vaqtda dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Bugungi kunda kompyuter texnologiyalarining jadal taraqqiyoti, axborot texnologiyalarida ma'lumotlarni qayta ishlash gidrogeologiya sohasida ilmiy tadqiqotlar olib borish va ishlab chiqarish xususiyatlarini butunlay o'zgartirib yubormoqda.

Geoaxborot texnologiyalari bugungi kunda nafaqat O'zbekistonda balki dunyoning barcha davlatlarida ham keng miqyosida qishloq va suv xo'jaligi hamda sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini kuzatish masalalarida keng foydalanilib

tarmoqqa tatbiq etilmoqda. Ma'lumotlarni tahlil etish uni tarmoq ichida uzatib berish va saqlash masalalarini GAT yordamida hal etiladi. Shu sababli, geoaxborot texnologiyalarning vazifasi ma'lumotlarni qabul qilish, to'plash, saqlash, tahlil qilish va foydalanuvchiga istalgan formatda yetkazib berishdan iborat hisoblanadi. Geoaxborot texnologiyalari (GAT) yordamida turli statistik tahlillarni bajara olish imkoniyatlari, xaritalar tuzish va turli xil bazalar yarata olish imkoniyatining mavjud bo'lib uni yanada ahamiyatli bo'lishini va tabiatni, yer va suv resurslarini muhofaza qilish sohalarida ommalashishini ta'minlab beradi.

Sug'oriladigan maydonlarning meliorativ gidrogeologik monitoringini geoaxborot texnologiyalariga asoslangan holda kuzatishda quyidagi keltirilgan modellarni yaratishimiz mumkin bo'ladi.

gidrogeologik hamda geostatistik modellar;

yer osti suvlari shakllanishi va taqsimlanishi modellari;

GPS kosmik tasvirlar kompleks analizlari, ekologik tahlillar, raqamli tahlillar va geoaxborot modellar;

yer qatlamlari hamda yerdan foydalanish bo'yicha modellar.

Sug'oriladigan yerlarning meliorativ sharoitining gidrogeologik monitoringini geoaxborot texnologiyalariga asoslangan holda kuzatishda quyidagi vazifalarni qisqa vaqtda osonlik bilan amalga oshirish imkoniyati mavjud:

kuzatish joyning ko'p yillik ma'lumotlarini yig'ish va ularni tahlil qilish;

ma'lumotlarni jamlash, birlashtirish va yagona formatga o'tkazish (xarita, matn, jadval va rasmlar);

uzoq muddali tarixiy ma'lumotlarni to'plash ularni o'rganish, bazasini yaratish va foydalanuvchiga tegishli formatda yetkazib berish;

dastur ma'lumotlar bazasini yaratgan holda xaritalar yaratish.

Qishloq va suv xo'jaligida geoaxborot modellar ko'p yillardan buyon foydalanilib kelinmoqda. Shuni qayd etish kerakki GAT ni ushbu sohalarida qo'llash nafaqat ma'lumotlar aniqligini oshiradi balki inson yetib borishi qiyin bo'lgan hududlar haqida ham ma'lumot olishini ta'minlab beradi. Sug'oriladigan maydonlarning meliorativ gidrogeologik monitoringini geoaxborot texnologiyalari yordamida kuzatishning yana bir afzallik tomoni, boshqaruvni avtomatlashtirish va markazlashtirishga erishish, masofadan ma'lumotlar olish va jarayonni boshqarishni amalga oshirishda juda katta yordam beradi.

Geoaxborot texnologiyalarining qishloq xo'jaligidagi eng ahamiyatli dasturlardan biriga aylanishiga uning keng imkoniyatlari sabab bo'ladi. Jumladan,

fazoviy tahlillarni amalga oshirish, 3D shakldagi operatsiyalarni bajarish, tarmoq qatlamlarini yaratish, qisqa va aniq xulosalar chiqarish imkoniyati mavjud. Shuningdek, ma'lumotlarni sodda shaklda qabul qilish, jarayonlarning davomiyligini baholash, yaqin masofalarni aniqlash hamda vizual kuzatuvlarni amalga oshirish kabi funksiyalar ushbu texnologiyaning amaliy ahamiyatini yanada oshiradi.

Hozirgi kunda O'zbekistonda geoaxborot texnologiyalarini irrigatsiya va melioratsiya tizimlarida qo'llash jarayoni endigina rivojlanib borayotgan bo'lib, mavjud tadqiqotlar asosan alohida hududlar yoki cheklangan ko'rsatkichlar doirasida olib borilmoqda. Shu bilan birga, arid hududlarda dala kuzatuvlari, gidrometrik o'lchovlar va uzoq muddatli monitoring ma'lumotlarini yig'ishning murakkabligi zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etishni taqozo etadi. Ushbu jihatlar mazkur monografiyaning dolzarbligi va ilmiy yangiligini yanada oshiradi.

Tadqiqot jarayonida sug'oriladigan yerlar va irrigatsiya tarmoqlariga oid ma'lumotlarni yig'ishda Melioratsiya tizimlari uchun Monitoring va Axborot Tizimi (MIS - Monitoring and Information System for Land Reclamation) asosiy axborot manbai sifatida qo'llanilishi belgilangan. MIS orqali to'plangan ma'lumotlar GAT muhiti bilan integratsiyalashib, ularni tahlil qilish, vizuallashtirish hamda irrigatsiya tarmoqlarining suv o'tkazish qobiliyatini fazoviy jihatdan baholash imkonini beradi. Natijada, sug'orish tizimlarining texnik holati, suv taqsimoti samaradorligi va potensial yo'qotish zonalarini aniqlash mumkin bo'ladi.

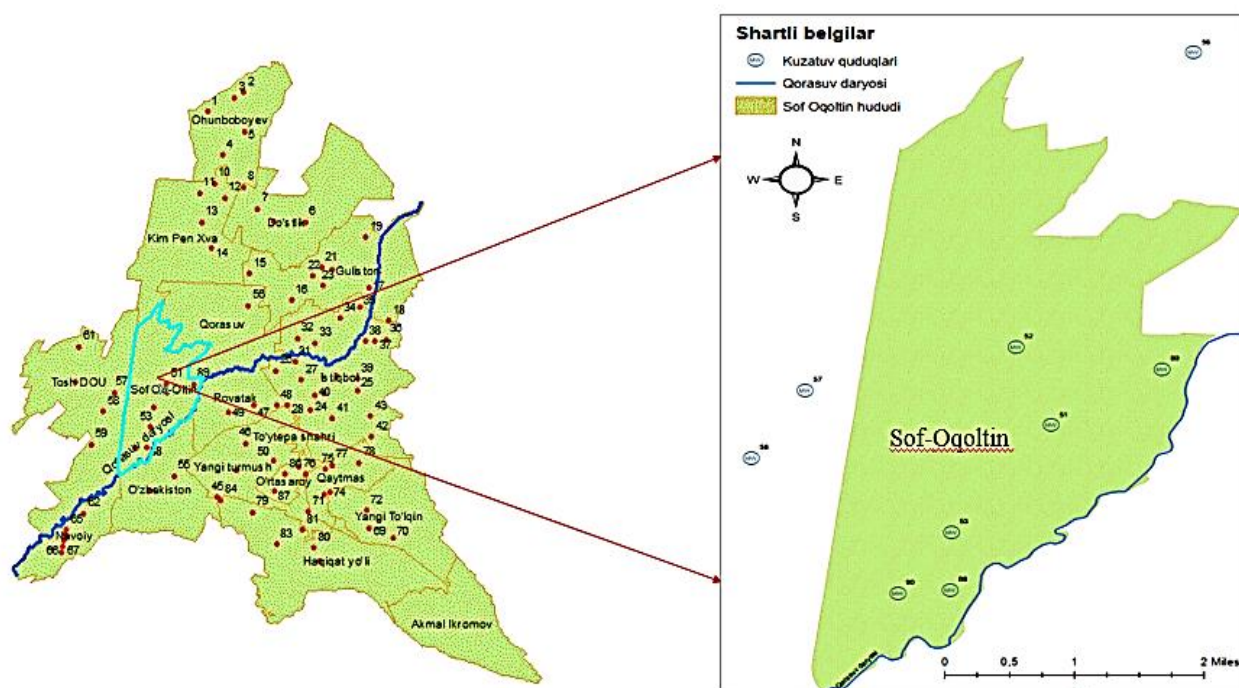
Shunday qilib, mazkur monografiya O'zbekiston sharoitida irrigatsiya tarmoqlarini GAT asosida baholash bo'yicha ilmiy-uslubiy asoslarni takomillashtirishga, suv resurslarini boshqarishning zamonaviy raqamli mexanizmlarini joriy etishga hamda sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilashga qaratilgan amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

II-BOB. TADQIQOT HUDUDINING TABIIY VA GIDROGEOLOGIK SHAROITLARI

2.1-§. Tadqiqot hududining tabiiy-geografik tavsifi

Chirchiq-Ohangaron havzasi janub va sharqda Qurama hamda Chotqol tog' tizmalari, shimoli-g'arbda Ugom va uning tarmoqlari, shimolda esa Talas-Olatovi va uning tarmoqlari bilan chegaralanadi. G'arb tomondan havza Sirdaryo o'zani bilan chegaradosh hisoblanadi.

Havzaning asosiy qismi O'zbekistonning Toshkent viloyati hududida, qolgan qismi esa Qozog'iston hamda Qirg'iziston respublikalarida joylashgan. Ma'lumki, Chirchiq va Ohangaron daryolari Sirdaryoning yirik o'ng irmoqlaridan bo'lib, ular aslida ikkita mustaqil havzadan iborat. Lekin bu ikki daryo havzalarini bir havzaga birlashtirib o'rganish gidrologik ilmiy-tadqiqot ishlarida ancha qulaylik yaratadi.



2.1.-rasm. Tadqiqot obyekti joylashgan hududning xaritasi

Tadqiqotlar ob'ekti sifatida O'rta Chirchiq tumani Sof Oqoltin hududidagi sug'oriladigan yer maydonlari hamda ushbu hududdan oqib o'tuvchi Qorasuv daryosi tanlangan.

Ushbu hudud Toshkent viloyatining O'rta-Chirchiq tumanidagi Chirchiq va Ohangaron daryolari oralig'idagi Chirchiq-Angren vohasida joylashgan. Bu joy O'zbekiston shimoliy-sharqiy qismining 40-42°C shimoliy kenglik va 69-71°C

sharqiy uzunlik oralig'ini egallab, Toshkent shaxridan 26 km janubda va To'ytepa shahridan 7 km g'arbda joylashgan.

Hududning sug'oriladigan yerlari asosan, g'alla, paxta, sabzavot ekinlari va mevali daraxtlar yetishtirishga ixtisoslashgan. Mazkur hududda turli sug'orish texnologiyalari joriy qilingan bo'lib, yer usti va yer osti suv resurslari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni kuchaytiradi. Ayniqsa, Qorasuv daryosining gidrologik rejimi hududning yer osti suvlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Sug'orish jarayonlari natijasida yer osti suvlarining darajasi, sifat ko'rsatkichlari va umumiy suv balansi o'zgarishlar kuzatilmoqda. Shuning uchun mazkur hududda daryo va yer osti suv resurslari o'rtasidagi munosabatni baholash dolzarb ahamiyatga ega.

Massivning umumiy yer maydoni 1997 gektarni tashkil etadi. Shundan 1852 gektar maydon sug'oriladigan yerlar hisoblanadi. Ushbu hududda asosan dehqonchilik tarmoqlari rivojlangan bo'lib, yer osti suvlarining gidrodinamik holati qishloq xo'jaligida suvdan samarali foydalanishni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

O'rta Chirchiq tumanida mavjud 87 ta davlat kuzatuv quduqlariga qo'shimcha ravishda, tadqiqot doirasida yana 4 ta zamonaviy qurilmalar bilan jihozlangan yangi kuzatuv quduqlari o'rnatildi. Ushbu quduqlar orqali yer osti suvlarining dinamikasini yanada aniqroq va tizimli baholash imkoniyati yaratildi.

Yangi o'rnatilgan kuzatuv quduqlari avtomatlashtirilgan gidrogeologik o'lchov asboblari bilan jihozlanib, ular orqali yer osti suvlarining sathi, mavsumiy va yillik tebranishlari, shuningdek antropogen ta'sir natijasida yuzaga keladigan o'zgarishlar uzluksiz monitoring qilindi. Ushbu quduqlardan olinayotgan ma'lumotlar mavjud davlat kuzatuv quduqlari tarmog'i ko'rsatkichlari bilan solishtirma tahlil qilinib, hududning gidrogeologik sharoitini fazoviy-vaqtinchalik kesimda baholash imkoniyati yaratildi.

Natijada O'rta Chirchiq tumani hududida yer osti suvlari rejimi, ularning oziqlanish va tarqalish xususiyatlari, filtratsion oqimlarning yo'nalishi va intensivligini aniqlash imkoniyatlari sezilarli darajada kengaydi. Olingan monitoring natijalari irrigatsiya va melioratsiya tadbirlarining yer osti suvlariga ta'sirini ilmiy asosda baholash, shuningdek hudud bo'yicha barqaror suv resurslarini boshqarish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

2.2-§. Havzaning gidrologik xususiyatlari

Qorasuv daryosi o'zining asosiy suv manbai sifatida Chirchiq daryosi bilan to'yinadi. Chirchiq daryosining suv rejimi asosan qor va muzliklarning erishi natijasida hosil bo'lgan sular hisobiga shakllanadi. Chirchiq daryosida maksimal suv sarflari, odatda, bahor oxiri va yoz boshlarida, ya'ni may hamda iyun oylarining oxirida kuzatiladi va bu davrda suv sarfi $675 \text{ m}^3/\text{s}$ gacha yetadi.

Qorasuv daryosining umumiy uzunligi 89,3 km ni tashkil etadi. Daryo asosan Yuqori Chirchiq, Parkent, Ohangaron, O'rta Chirchiq, Quyi Chirchiq va Oqqo'rg'on tumanlari hududlaridagi jami 152,2 ming gektar sug'oriladigan maydonlarni suv bilan ta'minlaydi.

Qorasuv daryosiga bir nechta soy suvlari ham kelib qo'shiladi. Ulardan eng yiriklari: Qizilsoy, Juzuruqsoy, Parkentsoy, Samsaraksoy. Bu soylar daryoning umumiy gidrologik rejimini barqarorlashtirishga hissa qo'shadi. Bahor mavsumida soylarning suvlari daryo o'zani bo'ylab ko'payib, uning suv sarfini oshiradi. Qorasuv daryosining xarakterli yillardagi suv sarfi sezilarli darajada o'zgarib turadi. 2.3-rasmda daryoning turli yillardagi suv sarfining dinamikasi ko'rsatilgan bo'lib, bu daryodagi gidrologik jarayonlarni chuqurroq aniqlashga imkon berdi.

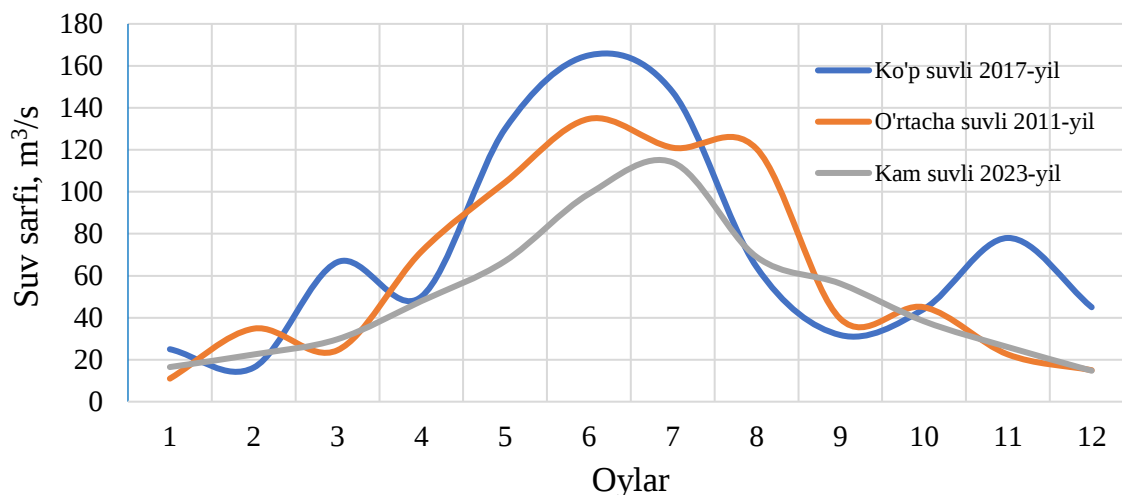
Daryoda bugungi kunga kelib bir nechta to'g'onli suv olish inshootlari gidrouzellar mavjud. Ularning birinchisi O'rta Chirchiq tumanidagi - Nayman to'g'oni (gidrouzeli) daryoning 59 km, PK 641+14 da joylashgan. Ushbu gidrouzel 1926 yilda qurilgan bo'lib, RK-7, RK-7-1, Darxan kanallariga suv beradi. Nayman gidrouzel umumiy suv o'tkazish qobiliyati $260 \text{ m}^3/\text{sek}$ ga teng.

Daryo gidrologik rejimining o'zgarishini va hududning meliorativ holatiga ta'sirini baholash bo'yicha tadqiqotlar Qorasuv daryosining (Nayman gidrouzeli PK 641+14) o'ng tomonlarida joylashgan sug'oriladigan yerlar yer osti suvlariga ta'siri o'rganish bo'yicha izlaishlar olib borildi (2.2-rasm).



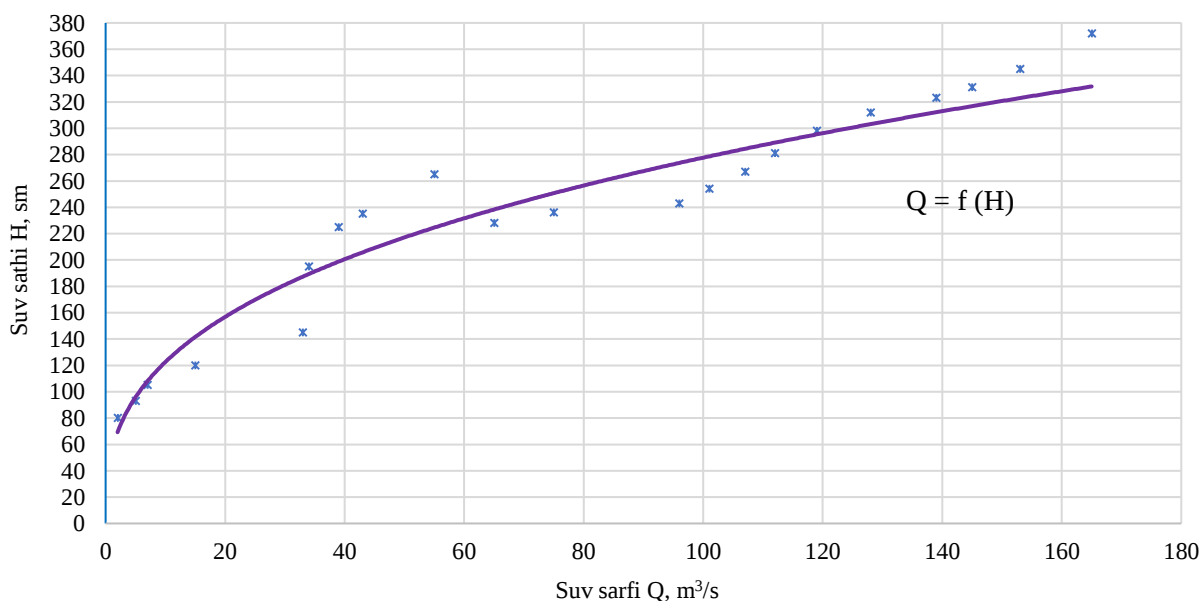
2.3-rasm. Qorasuv daryosi PK 641+14 uchastkasi

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, daryoning gidrologik rejimi yil davomida sezilarli darajada o‘zgarib turadi. Bahor oylarida qor va yomg‘ir suvlari hisobiga suv sathi ko‘tarilib, oqim tezligi oshadi, bu esa yaqin joylashgan maydonlarda yer osti suvlari sathining vaqtincha ko‘tarilishiga olib keladi. Yoz oylarida esa suv sarfi kamayadi va bu holat o‘z navbatida yer osti suvlari sathining pasayishiga sabab bo‘ladi.



2.3-rasm. Qorasuv daryosi xarakterli yillardagi suv sarfining o‘zgarish grafigi (2000-2023 y.y)

Daryoda ko‘p suvli 2017 yilda eng yuqori suv sarfi 165 m³/s ni kuzatilgan bo‘lsa kam suvli yil 2023 yilda daryoda eng katta suv sarfi 114 m³/s gacha kamaygan. Iqlim sharoitlari va suv resurslarining kamayishi natijasida daryo sathi past bo‘lgan va bu, sug‘orish va boshqa gidrologik tizimlarga ta‘sir qilgan. O‘rtacha suvli 2011 yilda eng yuqori suv sarfi 134,5 m³/s ga yetgan.



2.4-rasm. Qorasuv daryosidagi suv sathi (H) va suv sarfi (Q) orasidagi bog‘lanish grafigi

Keyinroq 1930-1932 yillarda 74 km da Xonto'g'on suv olish inshooti qurilgan. Inshoot to'g'on va Morgunenkov nomidagi RK-8, RK-9 kanallariga suv beradigan taqsimlagichlardan iborat. Shundan so'ng 1960-70 yillarda daryoning 3, 13, 36 va 56 kilometrilarida yana 4 ta suv olish gidrouzellari qurildi.

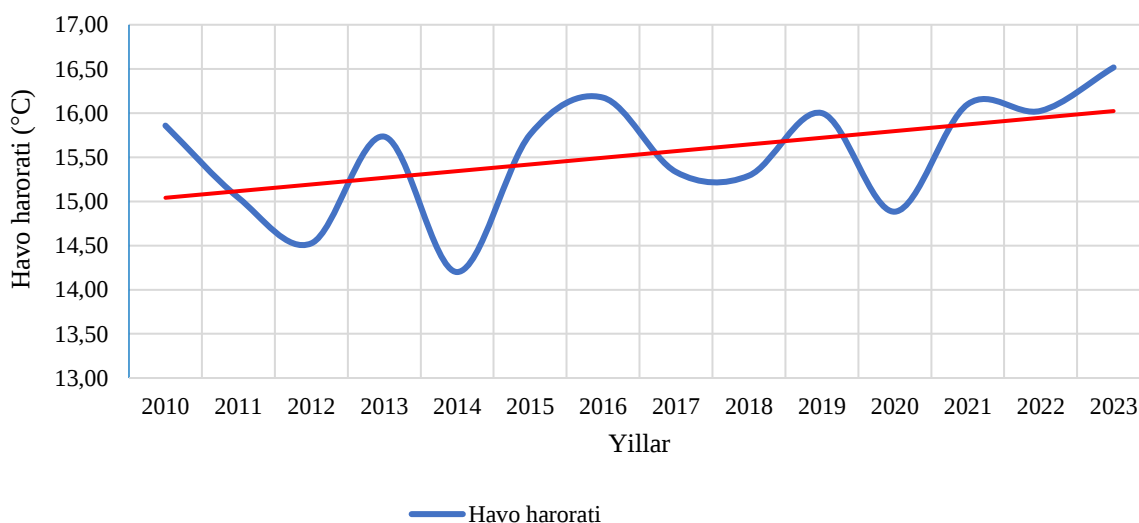
Mazkur gidrouzellar daryo suvlaridan samarali foydalanish, suv taqsimotini boshqarish va sug'oriladigan maydonlarni barqaror suv bilan ta'minlash maqsadida qurilgan. Hozirgi kunda Qorasuv daryosidagi barcha suv olish inshootlari yagona irrigatsion tizimga birlashtirilgan bo'lib, ularning faoliyati daryo oqimini tartibga solish, suv taqsimotini optimallashtirish va sug'orish samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynaydi.

2.3-§. Tadqiqot hududining iqlim sharoitlari

Hududning iqlim sharoitlari quyidagicha tavsiflanadi. Tadqiqot hududi keskin kontinental iqlim sharoitiga ega bo'lib, iqlim o'zgaruvchanligi yuqori hisoblanadi.

Yoz fasli quruq va issiq bo'lib, uzoq davom etishi bilan tavsiflanadi. Qish esa nisbatan qisqa davom etadi, bu davrda havo haroratining keskin tebranishi kuzatiladi hamda yog'ingarchilikning asosiy qismi kuzgi-qishki davrga to'g'ri keladi. Ko'p yillik kuzatuv ma'lumotlariga ko'ra, o'rtacha sutkalik haroratning 0 °C dan past bo'lgan kunlar soni yiliga o'rtacha 40 kunni tashkil etadi.

Sovuq davrlar asosan mart oyiga borib tugayda, shundan so'ng, havo harorati 5-7 °C dan oshadi. Kunning yorug'lilik miqdori tez o'sib boradi. Bahor mavsumining dastlabki kunlari qishloq xo'jaligi uchun muhim bo'lgan iqlimiy resurslardan samarali foydalanish imkonini yaratadi. Ko'p yillik o'rtacha ma'lumotlarga ko'ra suvuq kunlarning oxiri 31 martga to'g'ri keladi.



2.5-rasm. O'rtacha ko'p yillik havo haroratining o'zgarishi grafigi

Hududning oʻrtacha yillik havo harorati 13,6 °C ga teng hisoblanadi. Eng issiq oylar iyun, iyul, avgust oylariga toʻgʻri keladi, oʻrtacha koʻp yillik havo harorati 25,3 °C, 26,9 °C, va 24,2 °C ni tashkil etadi (2.5-rasm).

Hududda sovuq boʻlmagan davrning davomiyligi 204 kun, eng sovuq oy yanvar boʻlib havo harorati koʻp yillik maʼlumotlarga boʻyicha 1,9 °C ni tashkil etadi.

Umumiy yogʻingarchilik miqdorining 76% ni dekabr-may, 24% iyun- noyabr oylariga toʻgʻri keladi. Oʻrtacha koʻp yillik yogʻingarchilik miqdori (“Tuya-Boʻgʻiz” meteorologik stansiyasi malumotlari boʻyicha) 25-30 mm ni tashkil etib, uning 35% sugʻorish davrida toʻgʻri keladi (2.6-rasm).

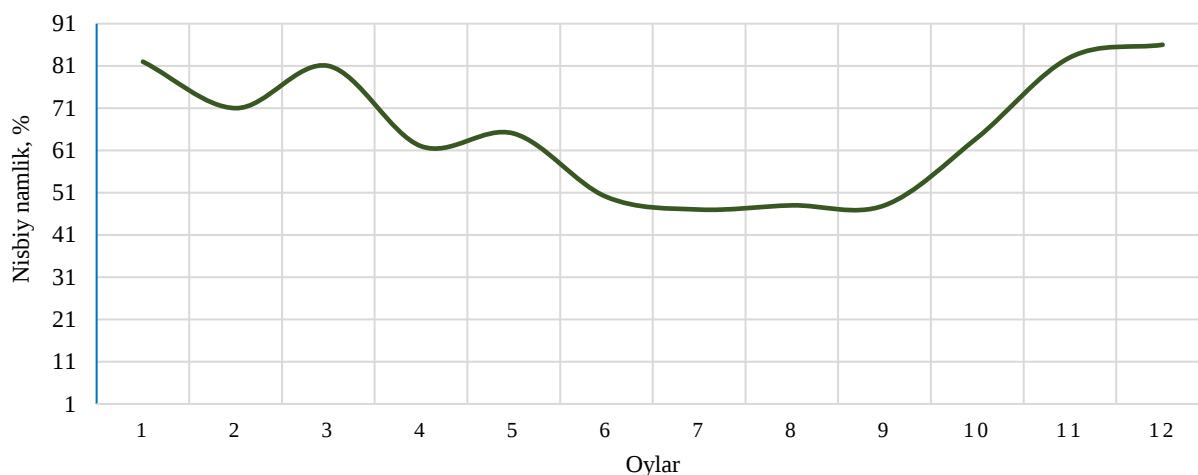
Tadqiqot hududida shamol rejimi nisbatan barqaror boʻlib, uning tezligi odatda 2-4 m/s oraligʻida boʻladi. Shamol yoʻnalishi asosan sharqiy va shimoliy-sharqiy tomonga yoʻnaltirilgan boʻlib, bu holat hududning bugʻlanish jarayonlariga hamda agrometeorologik sharoitlariga maʼlum darajada taʼsir koʻrsatadi.



2.6-rasm. Oʻrtacha koʻp yillik yogʻin miqdorining oʻzgarishi grafigi

Yuqori haroratli iqlim sharoiti va havodagi nisbiy namlikning pastligi natijasida atmosferaga bugʻlanish jarayoni sezilarli darajada kuchayadi. Ushbu jarayon natijasida yil davomida yuzaga keladigan umumiy bugʻlanish miqdori oʻrtacha 80-90 mm ni tashkil etadi. Bu koʻrsatkich hududga tushadigan yillik yogʻin miqdori bilan taqqoslanganda 2,2-2,5 barobar koʻproqdir.

Havoning nisbiy namligi qish oylarida 54-57% ni, yozda 29-33% ni, oʻrtacha yilligi esa 46-48% tashkil etadi (2.7-rasm). Hududning iqlimiy sharoitlari boʻyicha Parkent-Qorasuv vodiysi yarimchoʻl zonasiga taʼluqlidir. Oʻrta-Chirchiq tuman yon atrofida esayotgan shamollarni tezligiga qaraganda ancha katta hisoblanadi.



2.7-rasm. Tadqiqot hududidagi havoning nisbiy namlik ko'rsatkichlarining oylar bo'yicha o'zgarishi (2010-2023 yillar).

Maksimal mutloq namlik avgustda 17,3 mb ga yetadi, minimal - 4,4 mb yanvarda kuzatiladi. Maksimal nisbiy namlik dekabrda - 81% ni tashkil etadi va minimali esa - 50 - 52% iyul-avgustda bo'ladi. Havoda eng katta namlik yetishmasligi iyun, iyulda - 18,4-18,2 mb va yanvar-martda - 1,1-3,3 mb ekanligi aniqlandi.

2.4-§. Tadqiqot hududining geologik va gidrogeologik tuzilishi va shakllanishi

Tadqiqot obyekti joylashgan hududning gidrogeologik sharoiti asosan Parkent-Qorasuv vodiysining sug'oriladigan yerlari asosan Qorasuv daryosining ikkinchi qayir (poyma) ustidagi terrassasiga to'g'ri keladi. Relyefi terrassasimon, sust to'liqlik ko'rinishida bo'lib, vodiyni umumiy nishabligi bo'ylab parallel cho'zilgan. Bunda grunt suvlari yaqin joylashganda mezorelyefdagi bunday farqlar tuproq qatlamini turli xil bo'lishiga olib keladi. Tuproq balandliklarida ko'p hollarda o'tloq, pastliklarida esa botqoq o'tloq va botqoqlikka almashadi.

Sug'orish kanallari o'tuvchi balandliklarda oqim tarkibidagi qattiq zarrachalarning muayyan qismi cho'kindi holatida to'planadi, pastliklarda esa bu jarayon yanada kuchayadi. Agroiirrigatsion cho'kindilar, odatda, nisbatan yengil mexanik tarkibga ega bo'lib, ularning tuzilishi ixcham va mayda dispersli zarrachalar bilan tavsiflanadi.

Umuman Parkent-Qorasuv vodiysi relyef shakli bo'yicha uni o'rab turgan maydonlarga qaraganda ancha tinch. U asosan o'zining geologik tuzilishi bo'yicha xilma-xil bo'lgan allyuvial yotqiziqlardan tashkil topgan. Yaqin joylashgan grunt

suvlarini doimiy namiqib turishi gidromorf tuproqlarni paydo bo'lishiga sharoit yaratib beradi. Allyuvial cho'kindilar qalin galechnikli qatlam yotqiziqlardan tashkil topgan bo'lib, ustki qismi unchalik katta bo'lmagan gruntlar bilan qoplangan. Bo'ylama relyefda vodiy bo'ylab gruntlar to'shama qatlaminig qalinligi yuqoridan pastga qadar ortib boradi.

Parkent-Qorasuv vodiysi daryo bo'ylarining ko'ndalang kesimida turli xildagi turli to'shamali va qumoq tuproqli qalinliklar uchrab turadi, gilli qumoq tuproqli to'shama qatlaminig qalinligi 0,5-2-3 metr oralig'ida bo'ladi.

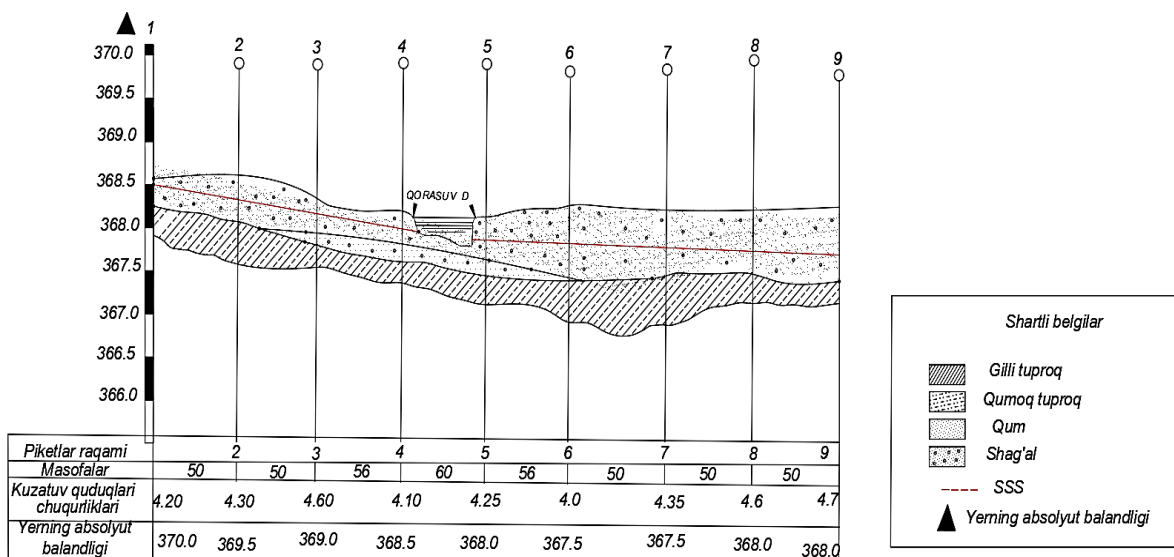
Qorasuv vodiysi daryo suvlarining katta qismi sug'orish uchun olinadi. Bunda sug'oriladigan maydongacha olinayotgan suvning yarmidan to uchdan bir qismigacha bo'lgan miqdori yetib borib, tuproq orqali filtratsiya bo'layotgan qolgan anchagina qismi esa yer osti suvlari zaxiralarini to'ldirish uchun ketadi. Oxiridagilarining irmoqlari dastlabki sarflarini saqlagan holda ahamiyatga loyiq darajada ortadi. Tabiiy oqim va chuqur o'yilgan vodiylar bilan drenajlangan qulay sharoitlarga ega bo'lgan.

Parkent-Qorasuv vodiysining gidrogeologik sharoitlari geologik tuzilishi va iqlimi orqali belgilanadi. Jinslardagi yoriqlarning ko'pligi, tog'li massivlarda qator tektonik siniqlarning mavjudligi va yuzaning yalang'ochligi atmosferadan ozuqa oluvchi yer usti chuchuk suvlar zaxirasini ko'payishiga sharoit yaratib beradi. Bu yerda suv ushlab turuvchi jinslar galechnik, mayda shagal, qum tuproq, qumloq tuproq va qisman konglomeratlar hisoblanadilar. To'rtlamchi sistemaning yoshga bog'liq komplekslarining har qaysisida yer osti suvlari mavjud.

Jinslarning yuqori va pastki qatlamlari juda yaxshi o'zaro gidravlik aloqaga egadirlar. Ular yer usti suv oqimlaridan, sug'orish maydonlaridan va yuqorida joylashgan viloyatlarning gipsometrik irmoqlaridan bo'layotgan filtratsiyalardan to'yinadilar. Parkent-Qorasuv vodiysi daryo qayirining o'ziga hos farqi shundaki, Qorasuv daryosi qayiri enining 0,5 km ga yaqini asosan qumli-galechnikli yotqiziqlardan iborat bo'lib, uni toshqin vaqtida ham suv bosmaydi.

Bu yerda sug'orish yerlarining asosiy maydoni Chirchiq va Ohangaronning ikkinchi qayir usti terrasiga to'g'ri keladi. Ular ustidan 0,5 dan to 2-3 metrgacha qalinlikda grunt bilan qoplangan, qalin glachenikli qatlam yotqiziqlaridan tashkil topgan.

Qorasuv daryosi vodiysining gidrogeologik tuzilishini chuqurroq tahlil qilish maqsadida I-I yo'nalish bo'yicha kesim olinib, daryo o'zanining morfologik xususiyatlari, grunt qatlamlari va yer osti suvlari sathi o'rganildi (2.8-rasm).



2.8-rasm. Qorasuv daryosi vodiysining I-I kesimi bo'yicha gidrogeologik qirqimi (PK 641+14)

Qorasuv kompleksining yotqiziqlari tepaliklar va ayrim joylarda olib chiqish konusining periferik qismlarida va ularga tegishli terrasalarda allyuvial-prolyuvialli tekisliklar joylashgan. Ularni daryo vodiylarida va tog'lar orasidagi pastliklarda ancha yosh yotqiziqlar qoplab oladi.

Yer osti suvlari bu komplekslarning yuqori qismida paydo bo'ladi. Parkent-Qorasuv vodiysining massivlarida yer osti suvlari 2-5 m va undan ham chuqurroqda joylashgan. Ular tog'oldi zonalarida chuchuk bo'lib, markaziy qismda tuz konseptratsiyasi qattiq qoldiq bo'yicha 2,0 g/l va undan yuqoriroqdir.

Tadqiqot hududi tuprog'ining asosini sug'oriladigan o'tloqli tipik bo'z tuproqlar tashkil etib, mexanik tarkibi bo'yicha o'rta va qumoq tuproqlar toifasiga kiradi. O'rta va og'ir qumoq tuproqli yerlar O'rta-Chirchiq tumanning shimoliy qismida, o'rta va yengil qumoq tuproqligi esa Toshkent shahridan janubi-g'arbiyroq hududning shimoliy qismida, ya'ni Yangiyo'l tumani hududida joylashgan.

Parkent-Qorasuv vodiysi tuproqlari mexanik tarkibi bo'yicha o'rta qumoq tipiga mansub bo'lib, ular o'tloq tuproqlar turiga kiradi. Tuproq qatlami qalinligi o'rtacha 0,90 metrni tashkil etadi va bu qatlamning fizik hamda suv-fizik xossalari sug'oriladigan maydonlarning gidromeliorativ holatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Chuqurligi 1 metrgacha bo'lgan tuproq qatlamining tarkibiy tahlili shuni ko'rsatadiki, undagi gil zarralari miqdori 28,9 % dan 44,3 % gacha, qum fraksiyasi esa 45,6 % dan 71,7 % gacha o'zgaradi. Tuproqning hajmiy massasi 1,2–1,6 g/sm³ oralig'ida, solishtirma og'irligi esa 2,61–2,74 g/sm³ ni tashkil etib, bu ko'rsatkichlar

uning oʻrtacha zichlikka ega, suvni oʻtkazuvchan va nisbatan yaxshi aeratsiyaga ega ekanligini bildiradi.

Daryo qayirining terrasalari: birinchi va ikkinchi qayir-usti qismlariga taʼlluqlidir. Ularda tuproq hosil boʻlish jarayoni, vodiy boʻylab harakatlanuvchi, grunt suvlari oqimi taʼsiri ostida kechadi. Hudud sugʻoriladigan yerlarining asosiy maydonlari Qorasuv daryosining qayir-usti ikkinchi terrasasiga toʻgʻri keladi. Ular qalin shagʻalli allyuvial yotqiziqlardan iborat boʻlib, ustki qismi 0,5 dan to 2-3 m-gacha qalinlikda boʻlgan grunt qatlami bilan qoplangan.

Parkent-Qorasuv vodiysi tuproqlari quyidagi guruhlariga ajratiladi:

1) Sugʻoriladigan och tusli boʻz-tuproqlar; yirik qumli-qumoq tuproqli prolyuvial yotqiziqlardagi qumoq tuproq va yirik qumli-qumoq tuproqlar;

2) Sugʻoriladigan oʻtloqi allyuvial tuproqlar; shoʻrlanmagan va kam shoʻrlangan, qumoq tuproqli va gilli boʻlib, Sirdaryo daryosini ikkinchi qayir usti terrasasining qumli-qumloq tuproqli va galechnikli yotqiziqliklarda joylashgan.

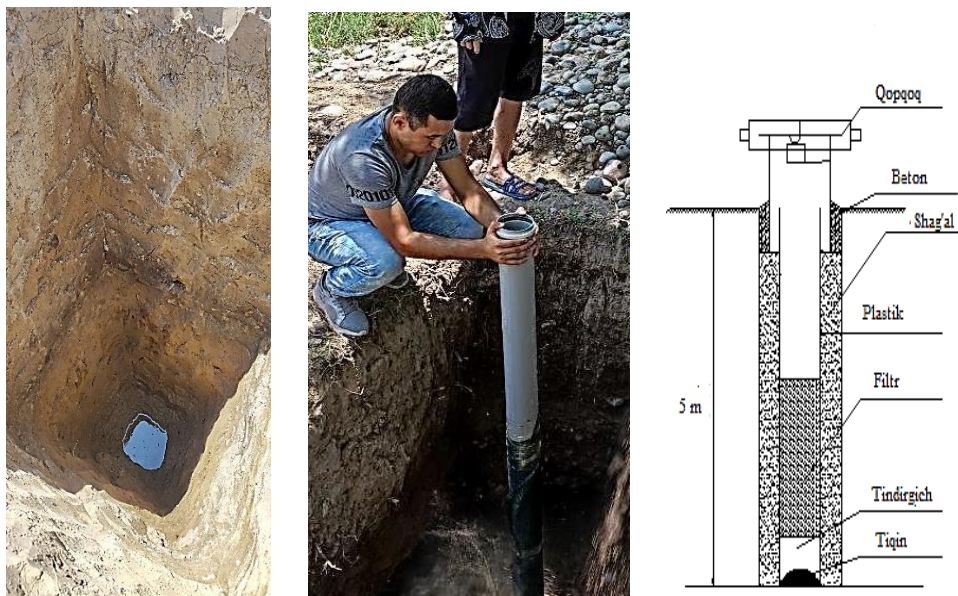
3) Yangi sugʻorilayotgan oʻtloqi tuproq boʻlib, qum va galechnikli yupqa qatlamli gilsimon-qumoq tuproqli allyuvial yotqiziqlarda joylashgan.

2.1-jadval.

Tadqiqot hududi tuproqlarning morfologik tuzilishi

Genetik qatlam, sm	Tuproq morfologik tavsifi
0-35	rangi och kulrang, shudgor qatlami, oʻsimlik ildizini qoldiqlari uchraydi, namligi kam.
35-95	rangi kulrang, oʻsimlik ildiz qoldiqlari uchraydi, namligi oʻrta.
95-145	rangi kulrang, namligi yuqori.
145-195	rangi toʻq sariq qum, keyingi qatlamga rangi boʻyicha oʻtishi sezilarli darjada, namlik darajasi yuqoridagi qatlamga nisbatan ancha baland.
195-245	rangi toʻq kulrang qumloq qatlam boʻlib mayda shagʻallar ham uchraydi, pastgi qatlamda yer osti suvlari toʻplangan, namligi juda yuqori

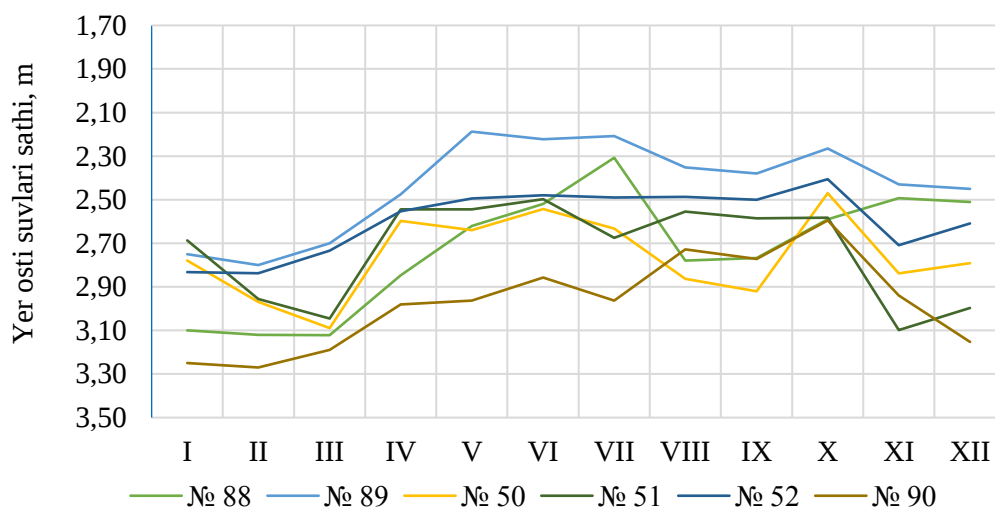
Hudud yer osti suvlari sathi bir xil emas, buning asosiy sababi sifatida yerning relyefini koʻrsatish mumkin.



2.9-rasm. Tadqiqot hududiga kuzatuv quduqlarini o‘rnatish jarayoni

Lekin, hudud bo‘ylab yer osti suvlari sathining turlicha bo‘lishiga relyefdan tashqari boshqa omillar ham o‘z ta’siri ko‘rsatadi.

Buni biz tadqiqot hududiga yaqin bo‘lgan va o‘rnatilgan bir nechta yangi kuzatuv quduqlaridagi ko‘p yillik suv sathining o‘zgarishi grafigi orqali ko‘rishimiz mumkin (2.10-rasm).



2.10-rasm. Tadqiqot hududiga o‘rnatilgan kuzatuv quduqlaridagi o‘rtacha oylik suv sathlari natijalari tahlili (2020-2023 y.y)

Grafikda 2020-2023-yillar davomida tadqiqot hududidagi bir nechta kuzatuv quduqlarida yer osti suv sathining dinamikasi aks ettirilgan. Ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ayrim quduqlarda mavsumiy o‘zgarishlar kuzatilgan.

Masalan, 88-raqamli kuzatuv qudug‘ida suv sathi yil boshida pasaygan bo‘lsa-da, yoz-kuz mavsumida, ayniqsa, iyun-oktyabr oylarida sezilarli darajada ko‘tarilib,

oʻrtacha 2,72 m ni tashkil etgan. 90-raqamli kuzatuv qudugʻida esa suv sathi may oyida keskin pasayib, 3,21 m ga tushgan, ammo iyun-sentyabr oylarida koʻtarilib, oʻrtacha 2,68 m balandlikka yetgan.

Hudud miqyosida oʻrtacha eng past suv sathi asosan 53-raqamli kuzatuv qudugʻida qayd etilgan boʻlib, u yerda suv sathi 3,15 m ni tashkil qilgan. Ushbu natijalar hududdagi gidrogeologik sharoitlar va mavsumiy suv almashinuvi jarayonlari bilan bogʻliq boʻlib, yer osti suvlarining dinamik oʻzgarishlarini tahlil qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

2.5-§. Tadqiqot hududining tuproq sharoiti va tahlili

Tadqiqot hududi tuproqlarining granulometrik (mexanik) tarkibi tahlili shuni koʻrsatadiki, tuproq zarrachalarining asosiy qismini 0,1-0,01 mm diapazondagi fraksiyalar tashkil etadi. Xususan, ushbu fraksiyalar umumiy massaning qariyb 70 % ini egallaydi. Yirik zarrachalarning ulushi 0,6 % ga teng boʻlib, mayda fraksiyalar (0,01 mm dan kichik) esa 29,4 % ni tashkil etadi. Bunday nisbat hudud tuproqlarining suv-fizik va filtratsion xossalarini belgilovchi muhim omil hisoblanadi.

Hudud tuproq qoplamasining asosiy qismini grunt suvlari turli chuqurliklarda joylashgan sugʻoriladigan allyuvial-oʻtloqi tuproqlar tashkil etadi. Ushbu tuproqlar meliorativ jihatdan sezgir boʻlib, ularning suv rejimi sugʻorish va grunt suvlarining chuqurligi bilan chambarchas bogʻliq.

2.2-jadvalda tadqiqot hududi tuproqlarining suv-fizik koʻrsatkichlari keltirilgan boʻlib, unda mexanik tarkibiga qarab gʻovaklik, kapillyar suv sigʻimi hamda maksimal molekulyar nam sigʻimi qiymatlari taqqoslab tahlil qilingan.

2.2-jadval.

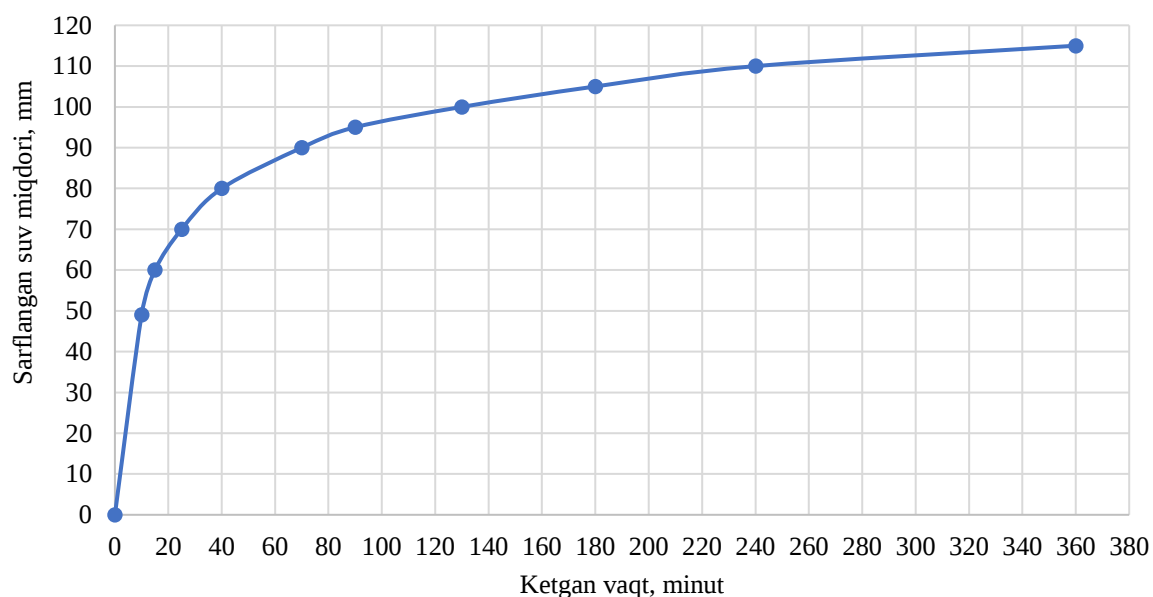
Tuproqning suv-fizik koʻrsatkichlari

Tuproqning mexanik tarkibi	Hajmga nisbatan gʻovaklik, %	Hajmga nisbatan tuproqdagi kapillyar, %	Gʻovaklikka nisbatan maksimal molekulyar nam sigʻimi, %
qumloq	35-40	18-23	6-8
oʻrta qumoq	45-50	27-30	12-18
ogʻir qumoq	55-60	37-45	20-28

Hududda anchagina maydonni tipik boʻz tuproq koʻrinishida boʻlgan sugʻoriladigan tuproqlar egallagan. Mexanik tarkibi boʻyicha ular qumi kam boʻlgan oʻrta-qumoq va ogʻir qumoq tuproq turiga mansubdir.

Dala sharoitida oʻtkazilgan tajribalar natijasida tuproq qatlamlarining suv

o'tkazuvchanlik ko'rsatkichlari o'lchandi. Quyidagi 2.11-rasmda ushbu tajriba maydonida olingan natijalar aks ettirilgan.



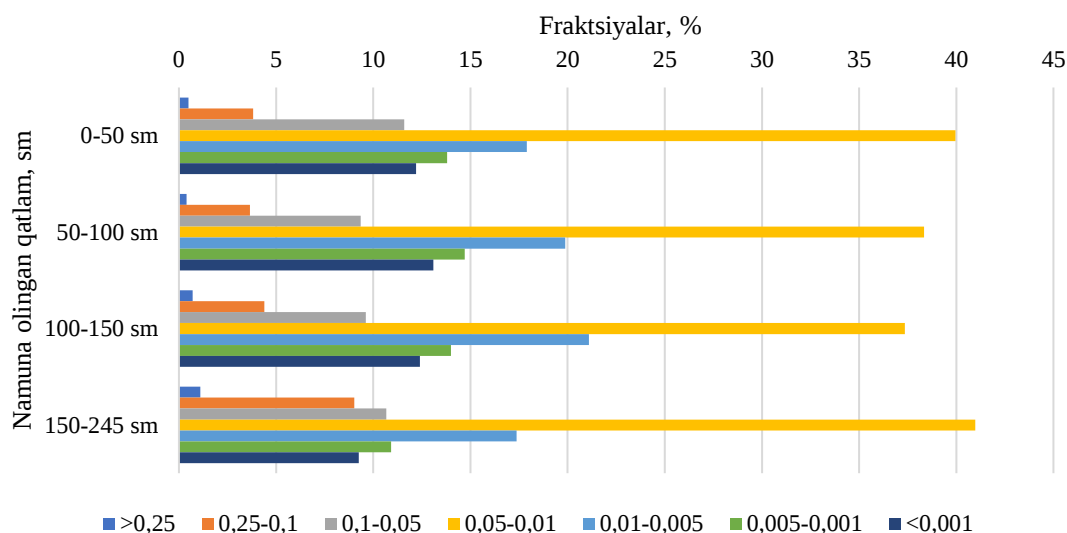
2.11-rasm. Tadqiqot hududi tuproqlarining suv o'tkazuvchanlik xossasini dala sharoitida aniqlash natijalari

Tajriba dalalari tuprog'ining mexanik tarkibi N.A.Kachinskiy tavsifi bo'yicha konvert usulida aniqlandi. Tajriba dalalari tuprog'ining mexanik tarkibini aniqlash bo'yicha o'tkazilgan dala va laboratoriya tahlillarning natijalari 2.13-rasmlarda keltirilgan.



2.12-rasm. Tajriba maydonidan olingan tuproq namunalarini laboratoriya sharoitida o'rganish

Tahlil natijalari tuproqning mexanik tarkibi bo'yicha turli o'lchovlardagi komponentlar miqdorini aniqlashga qaratilgan. Xususan, tuproqdagi qum, loy, chang va cho'kma moddalarning miqdori aniqlanib, ularning o'zaro nisbati tuproqning mexanik xususiyatlarini baholashga yordam berdi.



2.13-rasm. Tadqiqot maydoni tuprog'ining mexanik tarkibi

O'tkazilgan tadqiqotlar natijalariga ko'ra, tajriba dalasidagi tuproqlar asosan qumloq, o'rta qumoq va og'ir qumoq turlaridan iborat ekanligi aniqlangan. 2.3-jadvalda tadqiqot hududi tuproqlarining qalinligi va filtratsiya xususiyatlari keltirilgan. Ushbu tuproq turlari hududning yer osti suvlarining dinamikasi, meliorativ tadbirlarni rejalashtirish hamda sug'orish me'yorlarini belgilashda bevosita ta'sir ko'rsatadi.

2.3-jadval.

Hudud tuproqlarining qalinligi va filtratsiya xususiyatlari

Grunt qatlami	Qalinligi, m	Filtratsiya koeffitsiyenti, m/sutka
Qumoq	0 - 1,10	0,5
Qumloq	1,10 - 4,0	0,3
Og'ir qumoq	4,0 - 5,0	0,1
Shag'al	5,0 - 6,0	5,0

Ushbu jadvalda ko'rsatilgan qatlamlar hudud tuproqlarining qalinligi va filtratsiya xususiyatlarini ifodalaydi. Qumloq va qumloq qatlamlar yuqori filtratsiya tezligiga ega bo'lib, suvning tez sathdan o'tishini ta'minlaydi, og'ir qumoq esa suvni uzoq vaqt ushlab turish xususiyatini aks ettiradi. Shag'al qatlamlari esa maksimal filtratsiya koeffitsiyenti bilan yer osti suvlarining tez ozuqa olishini ta'minlaydi. Ushbu ma'lumotlar hududdagi yer osti suvlarining dinamikasi va sug'orish rejimlarini ilmiy asosda rejalashtirishda muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

III-BOB. GEOSTATISTIK VA INTERPOLATSIYA USULLARI

YORDAMIDA YER OSTI SUV SATHINING DINAMIKASINI BAHOLASH

3.1-§. GAT va fazoviy tahlil vositalari yordamida yer osti suvlarining dinamikasini baholash

Ushbu izlanishlarimizning eng asosiy yo‘nalishi GAT texnologiyalardan foydalanib, yer osti suvlarining monitoringini takomillashtirish bo‘yicha dastur va usullar ishlab chiqishdan iborat. Buni amalga oshirish uchun ma‘lumotlar to‘plash va dala tadqiqotlarini amalga oshirish muhim ahamiyatga egadir.

Interpolatsiyaning kuchli vositasi sifatida ko‘rib chiqilgan geostatistik usullar ilm-fan, gidrogeologiya, tuproqshunoslik, tog‘-kon va gidrometeorologiya kabi fanlarning turli sohalarida qo‘llanilgan. Yaqinda geostatistik vositalar ko‘plab fanlar bo‘yicha fazoviy tarqalishni modellashtirishda ham qo‘llanila boshlandi va ular tobora kosmik tuzilishni (semivariogramma tahlili), fazoviy interfaol palasali tarqoq o‘lchovlarni tavsiflovchi dasturlar uchun geografik axborot tizimi (GAT) imkoniyatlari bilan tobora kuchayib bormoqda.

O‘lchanadigan parametrlarning fazoviy qatlamlarini yaratish uchun fazoviy statistikada keng qo‘llaniladigan usul bu (IDW) bu usul eng yaxshi chiziqli birlashtirilmagan baholash deb hisoblanadi. ArcGIS geostatistik vositasidan foydalanmasdan va ishlatmasdan interfaol usullarni muvaffaqiyatli ishlatdi. Kamdan-kam tadqiqotchilar tomonidan yer osti suvlarini monitoring qilish tarmoqlarni qayta loyihalashda yangi yondashuv sifatida geostatistika usullarni baholashni qo‘llanilgan Monitoring quduqlarining zichligi zaiflik bahosi bilan birgalikda ko‘rib chiqilgan.

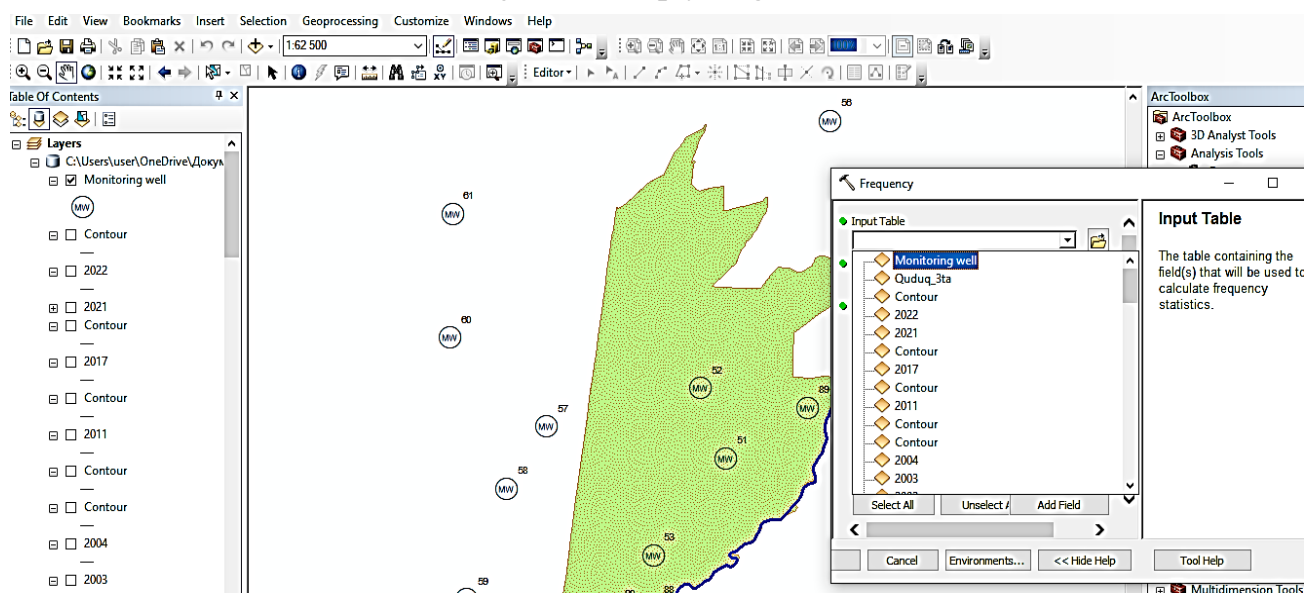
Geostatistik tahlil fazoviy ma‘lumotlarni o‘rganish va yer osti suvlari sifatini aniqlash uchun bir qator statistik modellar va vositalarni taqdim etadi. Fazoviy o‘zgaruvchanlik xaritalarini ishlab chiqish va yer osti suvlari parametrlari o‘zgaruvchanligini o‘rganish uchun ishlatilishi mumkin bo‘lgan eng maqbul usulni aniqlash uchun geostatistik usullar qo‘llanilgan.

Ma‘lumotlar normallashtirilgandan so‘ng, yer osti suvlari sifatini taqqoslash uchun Spelin va IDW usullari qo‘llanildi. Nihoyat, o‘zaro faoliyat tekshirish yordamida interpolatsiyaning eng maqbul usuli tanlandi. So‘ngra, biz yer osti suvlari sifati parametrlari xaritasini tayyorlashga jarayon amalga oshirildi.

Kuzatuvlar bir-biriga yaqin bo‘lgan va ular bir-biridan ancha uzoq bo‘lgan fazoviy strukturaning mavjudligi (fazoviy avtokorrelyatsiya) geostatistikani qo‘llash

uchun zaruriy shartdir. Yer osti suvlari parametrlarining bir-biridan fazoviy taqsimlanishini baholash uchun o'zgaruvchan rejim ishlatilgan. Umuman olganda, o'zgaruvchan rejimni hisoblashning maqsadi vaqtincha va fazoviy o'zgarishlarga nisbatan o'zgaruvchilarning o'zgarishini tahmin qilishdir.

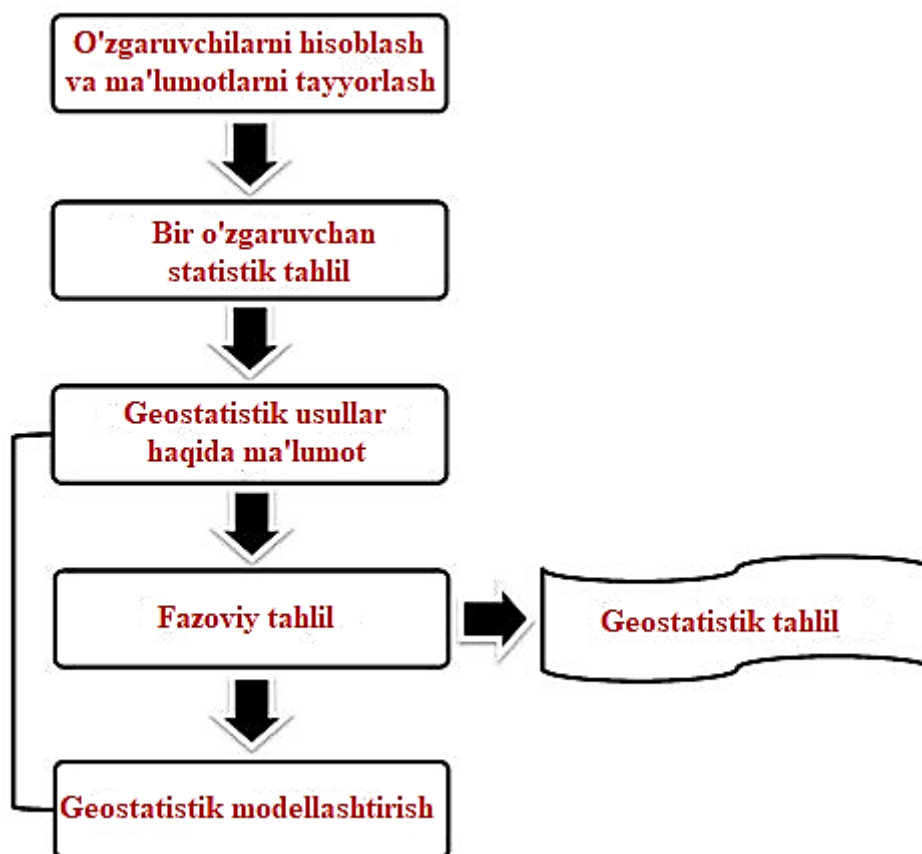
3D Analyst Tools vositasi ma'lumotlar bazasidagi fazoviy avtokorrelyatsiyaning maxalliy xususiyatlarini o'rganish va maxalliy chegaralarni izlash uchun ishlatiladi. 3D Analyst Tools quyidagicha ko'rinishda bo'ladi 3.1-rasm.



3.1-rasm. Taqdiqot hududi ma'lumotlari asosida 3D Analyst Tools yordamida kontur xaritalarni yaratish jarayoni

Turli usullar bilan interpolatsiya qilish uchun nazariy model 3D Analyst Toolsning eksperimental ma'lumotlariga muvofiq bo'lishi kerak. Nazariy modelni empirik modelning qiymatiga bog'lash chiziqli va nochiziqli modellarni qo'llash orqali noma'lum parametrlarga baho berish mumkin. Ushbu uslub fazoviy korrelyatsion tuzilish uchun ikkita nuqta orasidagi tasodifiy o'zgaruvchilarning fazoviy o'zgaruvchanligini o'lchaydigan variogramma bilan matematik modellarni yaratish uchun ishlab chiqilgan.

Ushbu ishda o'zgaruvchan rejimni aniqlash uchun uchta turdagi modellar (sferik, eksponensial va chiziqli) ishlatilgan. Har bir gidrokimyoviy parametr yuqorida aytib o'tilgan semivariogramma modellari bo'yicha tahlil qilindi va ma'lum bir masofada model darajasidan chiqib ketayotganini sezasiz (3.2-rasm).



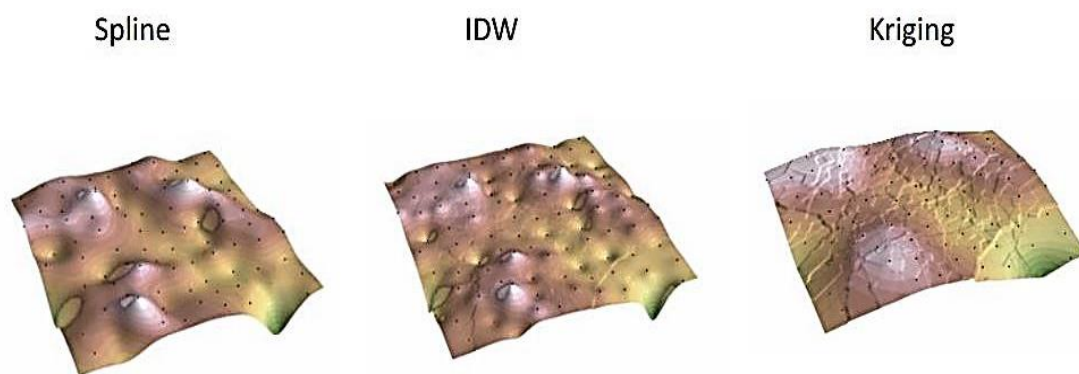
3.2-rasm. Geostatistik tahlil va modellashtirish jarayonining umumiy algoritmi

Interpolyatsion usuli ArcGIS-dasirt panjarasini yaratish uchun Spatial Analyst kengaytmasi bir nechta interpolatsiya dasturlardan birini qoʻllaydi. Interpolyatsion – bu tanlangan nuqtalari boʻlmagan joylarda qiymatini taxmin qilish uchun ishlatiladigan jarayondir. Bu fazoviy avtokorrelyatsiya yoki fazoviy tamoyillariga asoslanadi, ular yaqin va uzoq ob’ektlar oʻrtasidagi munosabatlar darajasini oʻlchaydi. Fazoviy avtokorrelyatsiya qiymatlarning oʻzaro bogʻliqligini aniqlaydi. Agar qiymatlar oʻzaro bogʻliq boʻlsa, u fazoviy naqsh mavjudligini aniqlaydi. Bu korrelyatsiya oʻlchash uchun ishlatiladi:

1. Maydondagi obyektlarining oʻxshashligi;
2. Fazoviy hodisaning kosmosda oʻzaro bogʻliqlik darajasi;
3. Oʻzgaruvchilar orasidagi oʻzaro bogʻliqlik darajasi;
4. Oʻzaro bogʻliqlikning tabiati va kichikligi.

Interpolatsiyalarning bir nechta variantlari mavjud: IDW, Spline, Kriging, Natural Neighbor, Trend, Pointinterp va Raster to Topo. Ikki oʻlchovli minimal egrilik Spline dasturidan foydalanish silliq sirt hosil qiladi. Olingan sirt aniq kirish

joylaridan o'tadi. Ammo: odatda, natijada yuzaga keladigan ba'zi qiymatlar kirish qiymatlarning maksimal qiymatidan yuqori bo'lishi mumkin (3.3-rasm).



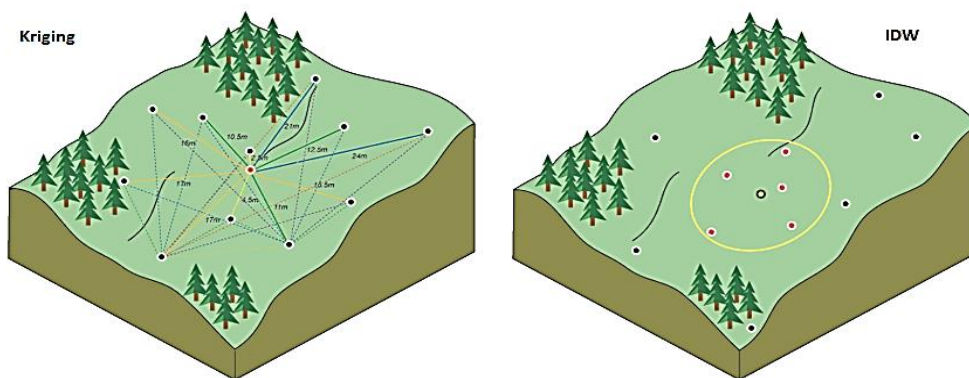
3.3-rasm. GAT ning Interpolatsiya variantlari

IDW splinega qaraganda aniqroq (mahalliy yorug'lik o'zgarishga qarab) olingan sirtning maksimal qiymati hech qachon kirish qiymatidan oshmaydi. Natijada paydo bo'lgan raster konveks korpusdir. Shu sababli, kerakli hududni chegarasi natijada paydo bo'lgan raster bilan to'liq qoplanmasligi mumkin.

Buning uchun fazoviy tahlilchidan foydalanishingiz mumkin. 3D Analyst – ning profil vositasi natijalarni tekshirishga yordam beradi. Shunday qilib, IDW va Spline to'siqlari o'rtasidagi ba'zi farqlarni ko'rib chiqish lozim. Nisbatan oson va ko'pgina dasturlarda muammoni hal qilish uchun eng ko'p talab qilinadigan yondashuv - bu Interpolyatsion bilan bog'liq muammolarni hal qilish uchun ko'plab tadqiqotlar olib borilmoqda.

Hozirgi kunda fazoviy interpolatsiya usullari, ayniqsa gidrologik va geoaxborot tahlillarida, keng qo'llanilmoqda. Interpolatsiya ikki asosiy kirishga - mavjud kuzatuv nuqtalari va tanlangan usulga asoslanadi. Bu usullar global va mahalliy yondashuvlarga ajratilib, turli miqyosdagi fazoviy o'zgarishlarni aniqlashga xizmat qiladi. Mekansal korrelyatsiyani hisobga oluvchi IDW va Kriging usullari shular jumlasidan bo'lib, IDW umumiy kontur xaritalarini yaratishda qulay bo'lsa, Kriging statistik asoslanganligi tufayli yuqori aniqlik bilan ajralib turadi. Ularning ishlash tamoyillari va fazoviy modellashtirishdagi farqlari 3.4-rasmda ifodalangan.

IDW har bir punktning qiymatini tahlil qilinayotgan katakka bo'lgan masofaga qarab hisoblaydi va o'rtacha qiymatlarni o'rtaga tashlaydi. Yer osti suvlari sathining umumiy fazoviy taqsimotini aniqlashda IDW interpolatsiya usulidan foydalanildi, chunki u mavjud nuqtalar asosida silliq kontur xaritalarni qurishga imkon beradi.



3.4 rasm. IDW va Kriging usullarining ishlash tamoyillari va fazoviy model variantlari

Biroq, daryo rejimining yer osti suvlari dinamikasiga bo‘lgan lokal ta‘sirini aniqlashda Kriging interpolatsiyasi qo‘llanildi. Chunki Kriging fazoviy avtokorrelyatsiyani hisobga olib, daryo yaqinida joylashgan nuqtalardagi o‘zgarishlarni aniqroq aks ettirishga imkon beradi. Shu asosda, Kriging usuli daryo ta‘sirining yer osti suvlari sathiga bog‘liqligini aniqlashda ishonchliroq vosita sifatida tanlandi.

3.2-§. Yer osti suvlari dinamikasini zamonaviy monitoring va geoaxborot texnologiyalari asosida tahlil qilish

Ushbu yo‘nalishda olib borilgan tadqiqotlar asosida shunga amin bo‘ldikki yer osti suvlari oqimlari gidrodinamik mintaqalar qonuniyatiga bo‘ysunib tarqalishi, ya‘ni yer osti suvi oqimi, oqim yo‘nalishi bo‘ylab tabiiy drenalangan beshta gidrodinamik mintaqaga bo‘linishi tadqiq qilingan bunda birinchi mintaqadan beshinchi mintaqaga tomon yer osti suvlarining sathi va nishabligi pasayib boradi, aksincha minerallashuvi ortib boradi.

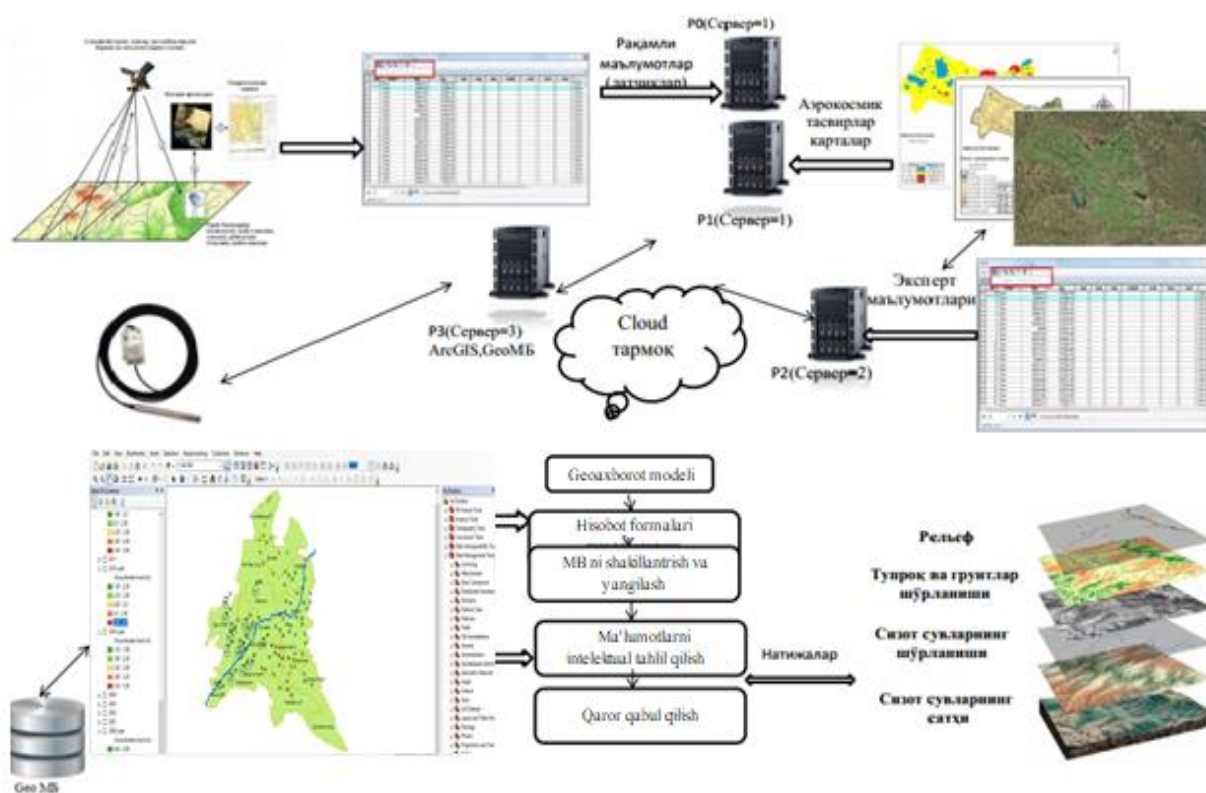
Mazkur tadqiqot ishida izlanishlarimizni olib borishda tahlil natijalari aniqligini va ishonchliligini tekshirish orqali vizual klassifikatsiyalash amalga oshirildi. Dala tadqiqotlarini davomida 2020-2023 yillarda ma‘lum natijalarga erishildi.

Olib borilgan tadqiqotlarimizda Toshkent viloyati, O‘rta Chirchiq tumanidan oqib o‘tuvchi Qorasuv daryosiga yaqin bo‘lgan hududlardagi kuzatuv quduqlarining so‘ngi besh yillik xar bir dekadalar bo‘yicha olingan ma‘lumotlar tahlil qilindi.

Sug‘oriladigan maydonlarda yer osti suvlari asosan 1-3 m gacha chuqurlikda joylashganligi va sug‘orilmaydigan maydonlarda esa 4-5 m yoki undan ortiq chuqurliklarda yuqori minerallashganligi bilan ajralib turadi.

Yer osti suvlari yer yuzasidan birinchi suv o'tkazmas qatlam ustida joylashgan, doimiy, bosimsiz, erkin yuzaga ega bo'lgan yer osti suvlari hisoblanadi. Shu sababli bunday suvlar sug'orish maydonlarida keng tarqalgan va ular asosiy sug'orish maydonlarida yer yuziga yaqin joylashgan. Ular turli minerallanish va kimyoviy tarkibga ega. Bunday suvlar tuproq qatlamida sodir bo'ladigan jarayonlarda faol qatnashadi va jarayonlarning (ularning chuqurligi va minerallashganligi) yo'nalishini belgilab beradi.

Aynan ushbu o'zgarishlar doimiy kuzatuvlarni amalga oshirish hamda tezkor qaror qabul qilish uchun juda muhim jihat hisoblanadi. Bu borada yer osti suvlarining sathi, mineralizatsiyasi, rejimining o'zgarishini masofadan uzluksiz kuzatish, o'rganish tahlil qilish alohida ahamiyatga ega hisoblanadi.



3.5-rasm. Geoaxborot tizimlarining umumiy ishlash sxemasi

Yer osti suvlarini miqdor va sifat jihatdan o'zgarishini real vaqt rejimida kuzatib borgan holda tahlil qilish bo'yicha zamonaviy qurilmalar va dasturiy vositalarni amaliyotga joriy etib borilmoqda hamda bosqichma bosqich yangi natijalar olinmoqda.

Tadqiqotimizni hududdagi Qorasuv daryosidan sugʻoriladigan maydonlardagi yer osti suvlari sathini oʻzgarishi va minerallashtirilganligini, yerlar shoʻrlanganlik darajasi bilan bogʻliqligini geoaxborot modellar oqali baholashni koʻrib chiqamiz.

Geoaxborot texnologiyalar maʼlumotlar bazasini yaratgan holda gidrologik, gidrogeologik tadqiqotlarning natijalarini kiritish va saqlash hamda foydalanish uchun qulay hisoblanadi.

Geoaxborot texnologiyalar mazmuniga boʻlgan talablar quyidagilar hisoblanadi: boshlangʻich maʼlumotlarning va monitoring natijasida olingan maʼlumotlarning toʻliqligi, ularning jamligi, yaʼni katta guruhli koʻrsatkichlarni oʻzaro qayta ishlash imkoniyati va ularning bloklar oʻrtasida bogʻliqligi, bu esa koordinataga bogʻlangan murakkab gidrogeologik hodisa va jarayonlarni oʻrganish uchun muhim.

Olib borilgan izlanishlarimizning eng asosiy yoʻnalishlaridan biri GAT texnologiyalari maʼlumotlaridan foydalanib, yer osti suvlarini monitoringini takomillashtirish usullarini ishlab chiqish. Buni amalga oshirish uchun maʼlumotlar toʻplash va dala tadqiqotlarini amalga oshirish muhim ahamiyatga egadir.

Gidrogeologik-meliorativ monitoring xaritasini tuzish modeli:

1. geografik joylashuviga ega elektron raqamli maʼlumotlarni eksport qilish;
2. dala tadqiqot natijalarini GSM tarmogʻi orqali geomaʼlumotlar bazasiga integratsiyalash;
3. dala tadqiqot natijalariga tayangan xolda geostatistik tahlillarni amalga oshirish.

Hududda joylashgan yer osti suvlarini kuzatish uchun qurilgan nazorat quduqlaridagi suv sathining oʻzgarishini aniqlash va tahlil qilish maqsadida DIVER UIAPP V1.0 qurilmasidan foydalanilib oʻlchash ishlari olib borildi (3.6-rasm). Ushbu qurilma yer osti suvlari sathi, suvning harorati, suvning bosimi, havoning harorati, havoning bosimi hamda suvning mineralizatsiya miqdorini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi.

Olingan maʼlumotlar hududning gidrogeologik sharoitlarini baholash, yer osti suvlarining shakllanish manbalarini aniqlashga ilmiy asos boʻlib xizmat qiladi.

Dastlab tadqiqot hududi yer osti suvlari sathining chuqurligi boʻyicha maydonlarga boʻlinib, ularning fazoviy taqsimoti va gidrogeologik holati tahlil qilindi (3.1-jadval).

**Tadqiqot hududi yer osti suvlari sathining chuqurligi
bo'yicha maydonlarga bo'linishi**

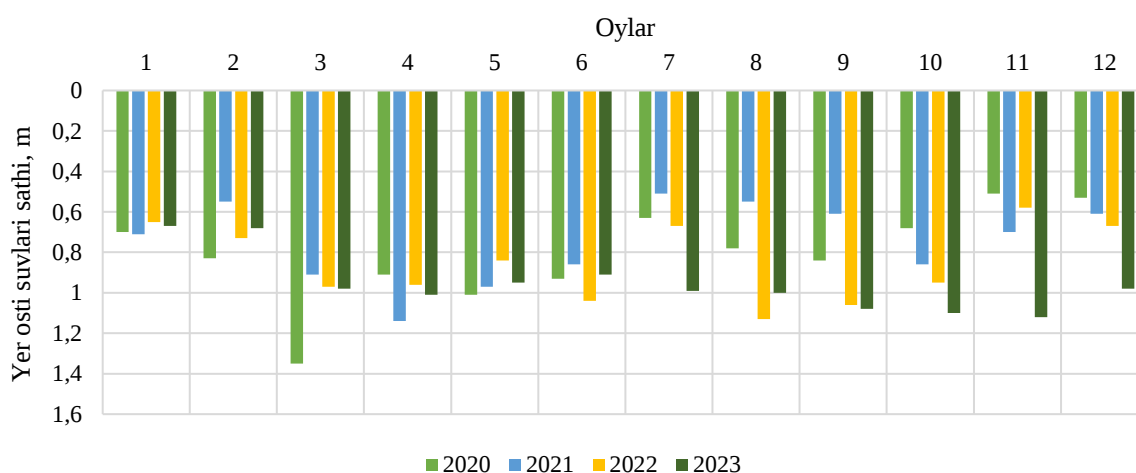
Nomi	Kuzatilgan maydon (gek)	Yer osti suvlari sathining chuqurligi bo'yicha maydonlarga bo'linishi (gek)					
		0-1 metr	1-1,5 metr	1,5-2 metr	2-3 metr	3-5 metr	> 5 metr
Sof Oqoltin	1852,0	0	0	308,0	974,0	670,0	0



**3.6-rasm. DIVER UIAPP V1.0 qurilmasi yordamida
yer osti suvlari sathini o'lchash jarayoni**

Oʻrta Chirchiq tumanining Rovatak, Navoiy, Oʻzbekiston, Yangi Turmush va Qorasuv hududlarida yer osti suvlari sathi boshqa hududlarga nisbatan nisbatan yuqoriroq joylashgan. Jumladan, Yangi Turmush hududida joylashgan №46-sonli kuzatuv qudugʻi tahlil qilinganida, undagi yer osti suvlari sathi 0,5 metrdan 1,60 metr gacha boʻlgan oraliqda oʻzgarayotgani aniqlangan.

3.7-rasm tahliliga koʻra, №46-sonli kuzatuv qudugʻida yer osti suvlarining sathi, asosan, yilning yoz, kuz va qish fasllarida koʻtarilish tendensiyasiga ega. Ayni paytda, noyabr, dekabr, yanvar hamda iyul oylarida suv sathi oʻzgarishi 50–90 sm diapazonda kuzatiladi. Qolgan oylar davomida esa yer osti suvlarining sathi 95–150 sm oraligʻida tebranishi kuzatilgan.



3.7-rasm. № 46 kuzatuv qudugʻidan olingan yer osti suvining sathi

Hudud yer osti suvlari sathining fasliy oʻzgarishi koʻp hollarda minerallashuvning oʻzgarishiga olib keladi.

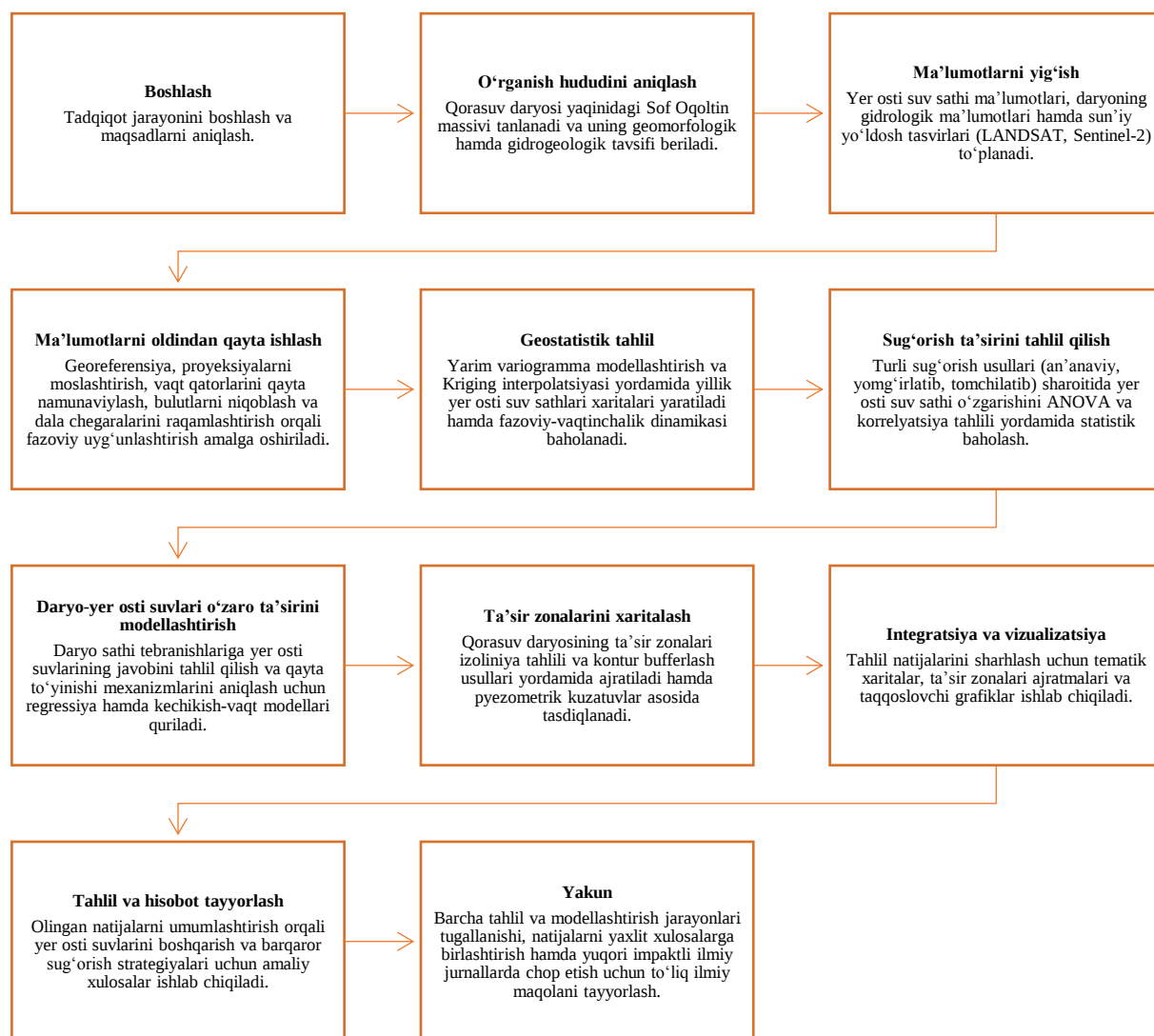
Tadqiqot hududidagi yer osti suvlari va Qorasuv daryosi absolyut balandliklarini aniqlash jarayonida GPSMAP qurilmalaridan foydalanildi. Ushbu oʻlchash ishlari hududning gidrogeologik sharoitlarini baholash va suv resurslari monitoringini amalga oshirishda muhim ahamiyat kasb etdi. (3.8-rasm).

Zamonaviy geoaxborot texnologiyalari hudud yer osti suvlari dinamikasini oʻrganishning samarali vositalardan biri boʻlib, yer osti suvlarining sathlari va konsentratsiyalari hamda chegaraviy shartlardan hudud geoaxborot modelining alohida mavzuli qatlamlari sifatida foydalanish imkoniyati hisoblanadi. Shu asosda biz hosil qilingan mavzuli qatlamlardan koʻrilayotgan xududning gidrogeologik sharoitlarning oʻzgarishini, filtratsiya sohasining bir qatlamli va bir jinsli emasligi sharoitida geofiltratsiya parametrlarini aniqlashtirish boʻyicha hisoblash eksperimentlari oʻtkazishda foydalanish imkoniyatini yaratdik.



3.8-rasm. GPSMAP qurilmalari yordamida Qorasuv daryosi va yer osti suvlarini absolyut balandliklarini aniqlash jarayoni

Ushbu metodologik yondashuv to'plangan ma'lumotlarni tahlil qilish va qayta ishlash, geostatistik usullar yordamida fazoviy interpolyatsiya qilish hamda hududiy tarqalishni miqdoriy baholashga qaratilgan (3.9-rasm).



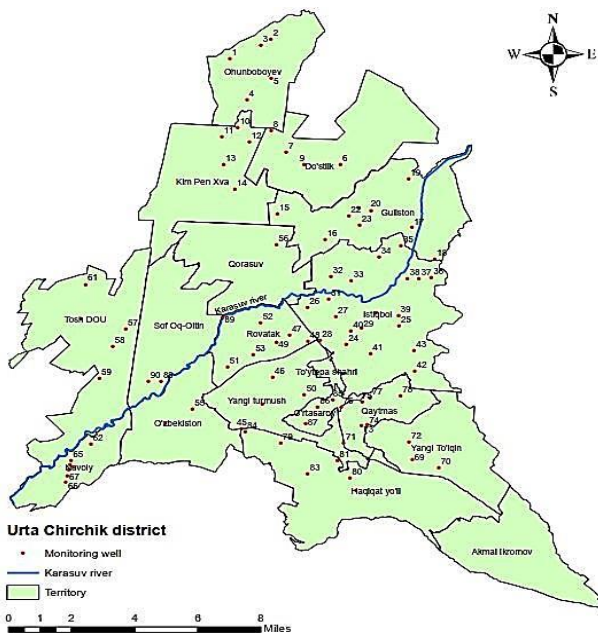
3.9-rasm. Tadqiqot metodi blok-sxemasi

3.3-§. Yer osti suvlari sathini ArcGIS muhitida

IDW interpolatsiya usulida baholash

Suq'oriladigan hududlarda yer osti suylarining sathi va ularning fazoviy

Mazkur tadqiqot doirasida daryo ogimining yer osti suylari sathiga ta'siri

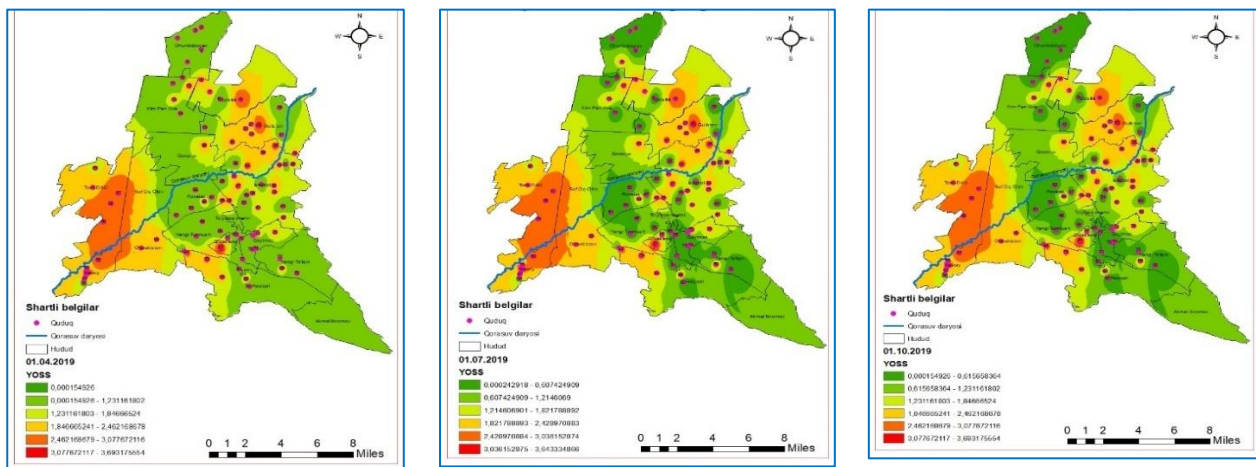


3.10-rasm. Tadqiqot obyektidagi kuzatuv quduqlaring joylashuvi

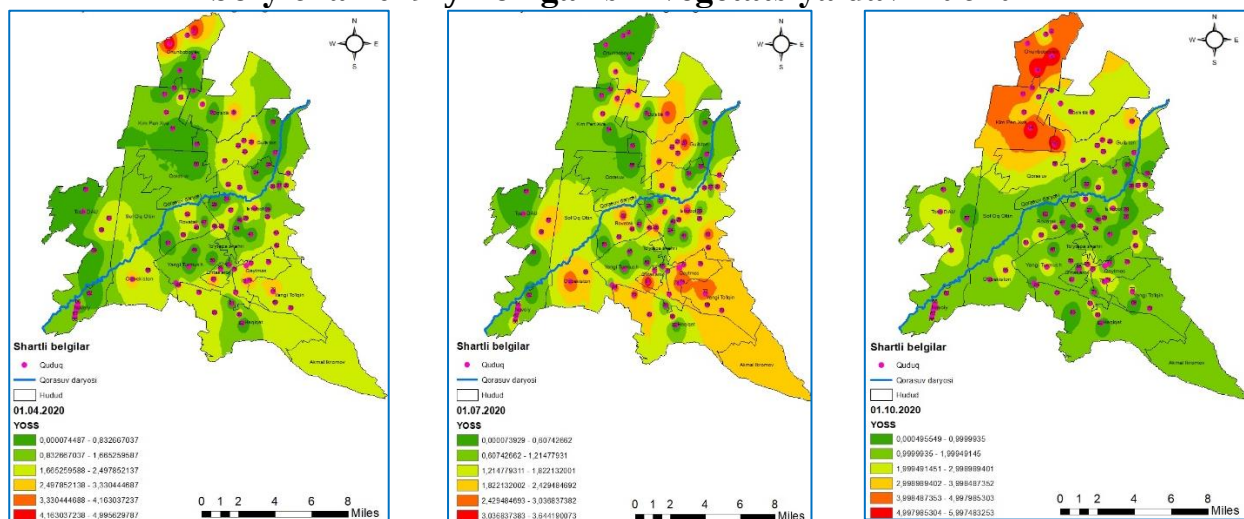
Ushbu kuzatuv quduqlaridan olingan ma'lumotlar asosida Arc Map dasturida

Kuzatuv quduqlaridan olingan ma'lumotlar asosida Arc-Map dasturi orqali

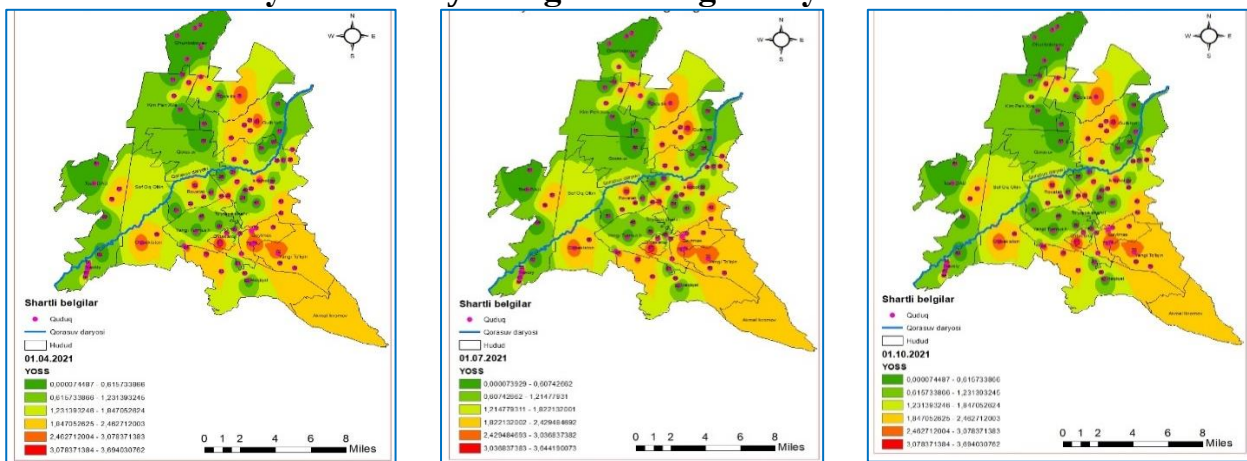
Interpolatsiya (IDW) usulida yer osti suvlari sathining o'zgarishi va uning hudud bo'yicha tarqalishi kuzatilgan ma'lumotlar asosida xaritalari shakllantirildi (3.11-3.12-3.13-rasmlar). Ushbu tuzilgan xaritalarda ham yer osti suvlarining hudud bo'yicha o'zgarishini yaqqol ko'rishimiz mumkin.



3.11-rasm. Qorasuv daryosi hududida yer osti suvlari sathining hudud bo'yicha 2019-yil o'zgarishi vegetatsiya davri uchun



3.12-rasm. Qorasuv daryosi hududida yer osti suvlari sathining hudud bo'yicha 2020-yil o'zgarishi vegetatsiya davri uchun



3.13-rasm. Qorasuv daryosi hududida yer osti suvlari sathining hudud bo'yicha 2021-yil o'zgarishi vegetatsiya davri uchun

Masalan, 2021-yil uchun olingan natijalar tahliliga ko'ra, aprel oyida hududdagi yer osti suvlarining sathi 0,61 m dan 3,69 m gacha oraliqda o'zgargan (3.13-rasm, a). Iyul oyida bu qiymatlar 0,60 m dan 3,64 m gacha (3.13-rasm, b), oktyabr oyida esa yana 0,61 m dan 3,69 m gacha (3.13-rasm, c) diapazonda qayd etilgan. Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, yil davomida yer osti suvlarining sathi nisbatan barqaror oraliqda o'zgarib turgan bo'lib, bu holat asosan sug'orish suvlarining hajmi va Qorasuv daryosining suvliligi bilan bevosita bog'liqdir. Boshqacha aytganda, daryo oqimining mavsumiy o'zgarishlari hududdagi yer osti suvlarining sathi dinamikasiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi.

Mazkur tahlillar qolgan yillar uchun ham amalga oshirilib, yer osti suvlarining o'zgarish dinamikasi o'rganilgan. Ushbu natijalar yer osti suvlarining monitoringi va ularning boshqaruvi bo'yicha samarali qarorlar qabul qilish uchun asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Natijalarni umumlashtirgan holda, vegetatsiya davridagi suv sathining o'zgarishi hududdagi suv resurslari boshqaruvi uchun ahamiyatli ekanligi, shuningdek, hududning gidrogeologik xususiyatlarini yaxshiroq anglashga imkon berishi ta'kidlanadi. Kelgusida suv resurslarini yanada samarali boshqarish maqsadida, ob-havo sharoitlari va daryo suvlarining holatini yanada chuqurroq o'rganish zarurligi aniqlangan.

3.4-§. Sug'oriladigan maydonlardagi yer osti suvlari sathi dinamikasini Kriging usulida baholash

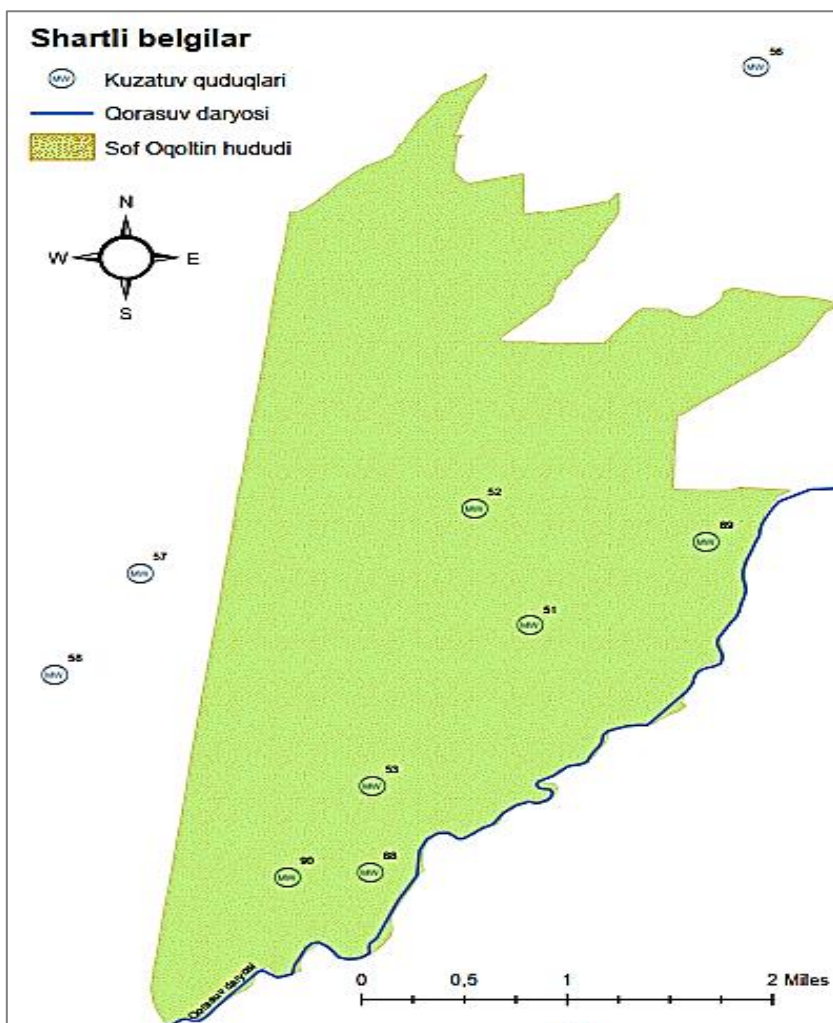
Zamonaviy tadqiqotlarda yer osti suvlari sathining o'zgarishini baholashda masofadan zondlash (RS) texnologiyalari keng qo'llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar juda katta hududlarni kam xarajat va yuqori aniqlikda o'rganish imkoniyatini yaratadi. Shu bilan birga, geoaxborot tizimlari (GIS) va matematik modellash usullari orqali olingan ma'lumotlarni tahlil qilish va uni xaritalar orqali tasvirlash imkoniyati yuqori darajada oshgan. Suv tejovchi texnologiyalar esa, ayniqsa, qurg'oqchil va suv tanqis hududlarda yer osti suvlari sathini barqarorlashtirishda muhim rol o'ynaydi. Mazkur texnologiyalarning qo'llanilishi hududiy gidrologik muhitga ijobiy ta'sir ko'rsatishi, suv resurslarini tejash va suv sathining tiklanishini ta'minlash imkonini yaratadi.

Ushbu ishda Qorasuv daryosi hududida ko'p yillik kuzatuv ma'lumotlari hamda tabiiy-dala sharoitida olingan natijalar asosida yer osti suvlari sathining o'zgarish dinamikasi tahlil qildik. Masofadan zondlash usullari, sputnik ma'lumotlari,

matematik modellar va Kriging usuli asos qilib olingan. Shuningdek, turli suv tejoychi texnologiyalar joriy etilgan maydonlarda yer osti suvlari rejimidagi o'zgarishlar baholangan.

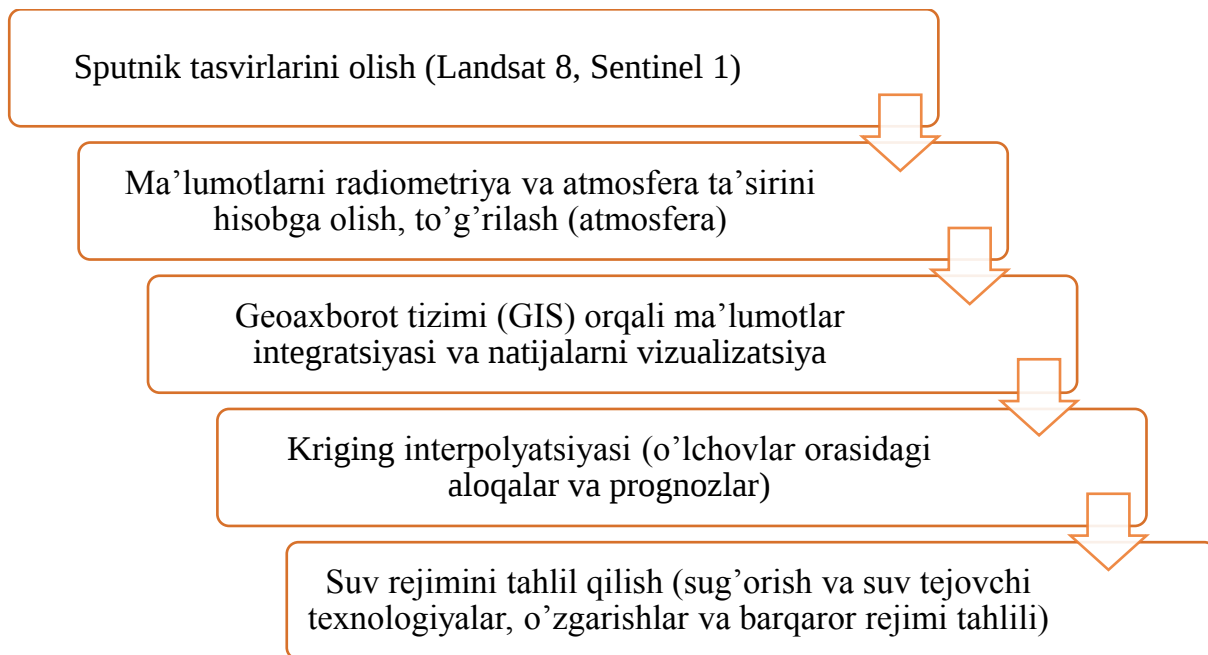
Tadqiqot obyekti sifatida Qorasuv daryosi o'ng qirg'og'ida joylashgan sug'oriladigan maydonlar tanlab olindi (3.14-rasm). To'plangan va kuzatuv ma'lumotlari so'ngi 2000-2023 yillardagi sputnik tasvirlari, meteorologik va gidrogeologik ma'lumotlarga asoslangan.

Qorasuv daryosi havzasida yer osti suvlari sathining uzoq muddatli dinamikasini baholash uchun sun'iy yo'ldosh Landsat (8) va Sentinel-1 (radar) tasvirlari, geoaxborot tizimlari (ArcGIS), hududiy iqlim ma'lumotlari (yog'in-sochin va harorat), gidrogeologik kuzatuv natijalari hamda suv tejovchi texnologiyalar qo'llanilgan hududlar haqidagi ma'lumotlardan foydalanildi.



3.14-rasm. Tadqiqot olib borilgan hudud xaritasi

Sputnik tasvirlari va Kriging analizi usullaridan foydalanishning sxematik koʻrinishini tadqiqot metodikasi va sxematik modelini quyidagi shaklga keltirildi (3.15-rasm).



3.15-rasm. Tahlil bosqichlari va sxematik modelining umumiy ko'rinishi

Tadqiqot ishida masofadan zondlash (RS) usullari asosiy o'rin tutib, sputnik ma'lumotlari orqali yer osti suvlari dinamikasi o'rganilgan. Ushbu natijalar yer osti suvlari sathining hududiy o'zgarishlarini baholashda qo'llaniladi. Olingan ma'lumotlar ArcGIS dasturida tahlil qilinib, Kriging interpolatsiya usuli orqali yer osti suvlari sathining dinamikasi sug'orish usullariga bog'liq ravishda o'zgarishi o'rganildi va xaritalashtirildi.

Modellashtirish natijasida hududda yer osti suvlarining dinamikasi turli sug'orish usullari joriy etilgan maydonga bog'liq ravishda baholandi. Ushbu tahlillar statistik usullar yordamida tekshirilib, o'zgarishlar tendensiyasi va samaradorligi baholandi.

To'plangan va kuzatuv natijalari asosida Qorasuv daryosining tadqiqot hududdagi yer osti suvlari sathining o'zgarishiga ta'sirini baholash va tahlil qilish maqsadida ilmiy ishlar olib borildi. Shuningdek, daryoning va turli sug'orish usullarining sug'oriladigan maydonlardagi yer osti suvlari rejimiga ta'sirini baholash imkonini beradigan bir nechta matematik modellardan foydalanildi (3.1-3.2-3.3-3.4-3.5-formulalar). Ushbu matematik modellar yer osti suvlari sathining dinamikasini aniqlash va hududning gidrogeologik xususiyatlarini baholash uchun samarali vosita bo'lib xizmat qiladi.

Dastlab daryoning yer osti suvlari sathini o'zgarishiga ta'siri baholash modelini umumiy ko'rinishini quyidagi shaklda yozdik.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{S} \Delta \cdot (K \Delta h) + R - I + \frac{\partial Q_d}{\partial t} \quad (3.1)$$

bu yerda: h – yer osti suvlari sathi, m; $\frac{\partial h}{\partial t}$ - vaqt bo'yicha yer osti suvi sathining o'zgarish tezligi; $K\Delta h$ - yer osti suvlari oqimi yoki filtratsiyasi (Darsi qonuni asosida); Δh - yer osti suvlari sathining gradienti; S – tuproqning suv saqlash koeffitsiyenti; R - yog'ingarchilik miqdori, mm; I - sug'orish hududidan bug'lanish orqali yoki umumiy chiquvchi suv oqimlari, m³/s; Q_d - daryo suvining yer osti suvlari bilan o'zaro ta'sirdagi oqimi, m³/s.

So'ngra yuqoridagi modeldan kelib chiqib daryoning sug'oriladigan maydonlardagi yer osti suvlariga to'g'ridan-to'g'ri ta'sirini hamda turli suv tejovchi: tomchilatib, yomg'irlatib va an'anaviy sug'orish usullari joriy etilgan hududlar uchun foydalanish mumkin bo'lgan yana bir nechta matematik modellardan foydalandik. Ya'ni yer osti suvlari sathini o'zgarishiga ta'sir etuvchi barcha faktorlarni aniqlash hamda uning vaqt bo'yicha o'zgarishini baholash.

An'anaviy sug'orish usulida suvning tuproqqa singishi (infiltratsiya) asosan gravitatsiya kuchi ta'sirida sodir bo'ladi. Bu sharoitda infiltratsiya tezligi vaqt o'tishi bilan kamayib boradi, biroq dastlabki bosqichlarda jarayon juda jadallashgan bo'ladi. Ushbu jarayonni matematik ifodalash va sug'orish samaradorligini baholash uchun Jon Nilson modeli qo'llanildi. Mazkur model infiltratsiya tezligini vaqt va tuproqning nam sig'imi bilan bog'liq holda aniqlash imkonini beradi. Ushbu holatda yer osti suvlari sathining vaqt bo'yicha o'zgarishini quyidagi tenglama orqali aniqladik.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = D\Delta^2 h_a + \alpha_a \cdot I_a + \beta_a \cdot I_a + R_a - E_a \quad (3.2)$$

bu yerda: h_a - yer osti suvlari sathi; α_a - suv samaradorligi koeffitsiyenti adadga $0,4 \leq \alpha_a \leq 0,6$ ga teng bo'lishi mumkin; I_a – an'anaviy sug'orish tizimi orqali berilgan suv miqdori; E_a - bug'lanish natijasida yo'qotilgan suv miqdori; β_a - yer osti suvlariga qo'shilgan suvning ulushi odatda $0,3 \leq \beta_a \leq 0,5$ ga teng bo'lishi mumkin. Ushbu usulda sug'orishdan kelgan suvning katta qismi tuproqqa shimilib ketadi va yer osti suvlariga borib qo'shiladi.

Yomg'irlatib sug'orish usulida suv bosimli tizim orqali bir tekis taqsimlanadi, natijada tuproqqa singish (infiltratsiya) jarayoni sezilarli darajada tezlashadi va yuzaki oqim (runoff) deyarli kuzatilmaydi. Bunday sharoitda suvning tarqalishi va infiltratsiya dinamikasini kvantifikatsiyalash uchun Robert Evans tomonidan taklif qilingan model qo'llanildi - ushbu model suv taqsimoti, bosim va tuproq xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni hisobga oladi va vaqt bo'yicha infiltratsiya tezligini aniqlash imkonini beradi. Ushbu jarayonni quyidagi tenglama orqali ifodaladik.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = D\Delta^2 h_y + \alpha_y \cdot I_y + R_y - E_y \quad (3.3)$$

bu yerda: h_y - yer osti suvlari sathi; α_y - suv samaradorligi koeffitsiyenti adatda $0,7 \leq \alpha_y \leq 0,9$ ga teng bo'lishi mumkin; I_y - yomg'ir latib sug'orish tizimi orqali berilgan suv miqdori; E_y - bug'lanish natijasida yo'qotilgan suv miqdori; R - yog'ingarchilik natijasida qo'shimcha suv miqdori.

Tomchilatib sug'orish texnologiyasi suvni bevosita o'simliklarning ildiz zonasiga nazorat ostida yetkazib berishni ta'minlaydi. Natijada tuproq namligi bir tekis taqsimlanadi, suv yo'qotishlari (bug'lanish, yuzaki oqim va ortiqcha filtratsiya) sezilarli darajada kamayadi hamda yer osti suvlarining sathiga ta'sir nisbatan past bo'ladi. Daniel Hillel tomonidan ishlab chiqilgan tuproq-suv-o'simlik tizimi modellari (Richards tenglamasi va suv balansiga asoslangan yondashuvlar) tomchilatib sug'orishda yer osti suvlarini aniqlashda qo'llaniladi. Bunday holda tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = D \Delta^2 h_t + \alpha_t \cdot I_t + R_t - E_t \quad (3.4)$$

bu yerda h_t - yer osti suvlari sathi; α_t - suv samaradorligi koeffitsiyenti adatda $\alpha_t > 0,8$ ga teng bo'lishi mumkin; I_t - tomchilatib sug'orish tizimi orqali berilgan suv miqdori; E_t - bug'lanish natijasida yo'qotilgan suv miqdori. Ushbu usul suvdan foydalanish samaradorligini oshiradi va yo'qotishlarni minimallashtiradi, bu esa o'z navbatida yer osti suvlarini yuqori aniqlikda boshqarish imkonini beradi.

Keyingi bosqichda daryoning sug'oriladigan maydonlardagi yer osti suvlari rejimiga ko'rsatayotgan bevosita ta'sirini aniqlash maqsadida Hantush tomonidan ishlab chiqilgan matematik model qo'llanildi. Ushbu model yarim chegaralangan akviferlarda daryo va yer osti suvlari o'rtasidagi gidravlik o'zaro ta'sirni aniqlashda keng qo'llaniladi. Ushbu tenglama quyidagi ko'rinishda ifodalanadi.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{S} \Delta \cdot (K \Delta h) + R - E + \frac{1}{S} \frac{\partial Q_d}{\partial t} \quad (3.5)$$

bu yerda h - yer osti suvlari sathi; D - yer osti suvining gidravlik tarqalish koeffitsiyenti; Q_d - daryodan yer osti suviga qo'shilgan suv miqdori; I_s - sug'orishdan yer osti suviga kelib qo'shilgan suv miqdori; E - bug'lanish yoki transpiratsiya orqali suv yo'qotilishi; R - yog'ingarchilik orqali tushgan suvlar.

Ushbu keng qamrovli matematik modellar orqali daryo va turli sug'orish usullari suvlarining yer osti suvlari dinamikasiga ko'rsatgan ta'sirini baholash hamda ularni optimal boshqarish imkonini beradi. Qolaversa yuqoridagi har bir model asosida yer osti suvlari sathlari aniqlandi.

Daryo va yer osti suvlari oʻrtasidagi oʻzaro bogʻliqlikni tahlil qilish jarayonida zamonaviy Geoaxborot tizimlari (GAT) asosida analitik usullardan, jumladan, maʼlumotlarning fazoviy va statistik tahlili uchun Kriging usulidan foydalandik. Kriging tahlili yer osti suvlari sathi oʻzgarishini baholashda qoʻllaniladigan geostatistik interpolatsiya usuli hisoblanadi. Ushbu usul tasodifiy funksiyalar nazariyasi va korrelyatsion bogʻlanishlarni oʻrganishga asoslangan boʻlib, yer osti suvlari sathining fazoviy oʻzgaruvchanligini aniq modellashtirish va prognoz qilish imkonini beradi.

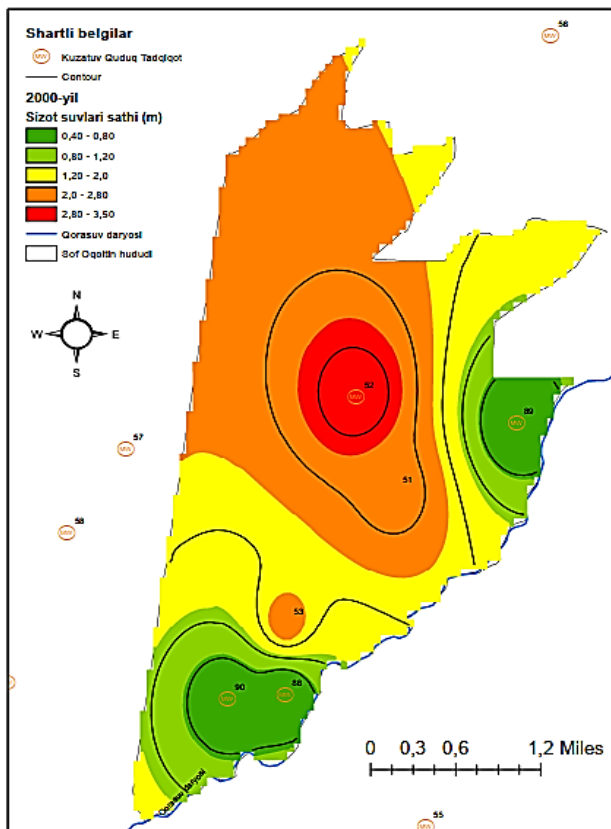
Kriging yordamida faqat maʼlum nuqtalarda oʻlchangan qiymatlar asosida barcha hudud boʻylab yer osti suvlari sathining eng ehtimoliy qiymatlari baholanadi. Ushbu usul geostatistik yondashuvga asoslangan boʻlib, maʼlumotlarning fazoviy autokorrelyatsiyasini inobatga oladi va minimal dispersiya xatoligi bilan interpolatsiya natijalarini taqdim etadi. Shu boisdan Kriging usuli suv resurslarini boshqarish, gidrogeologik modellashtirish va ekologik monitoringda samarali qoʻllaniladi.

3.16-rasmda Kriging analiz usulining imkoniyatlari keltirilgan boʻlib, u kuzatuv nuqtalaridan olingan maʼlumotlar asosida butun hudud boʻyicha yer osti suvlari sathining ehtimoliy taqsimotini aniqlash imkonini beradi.

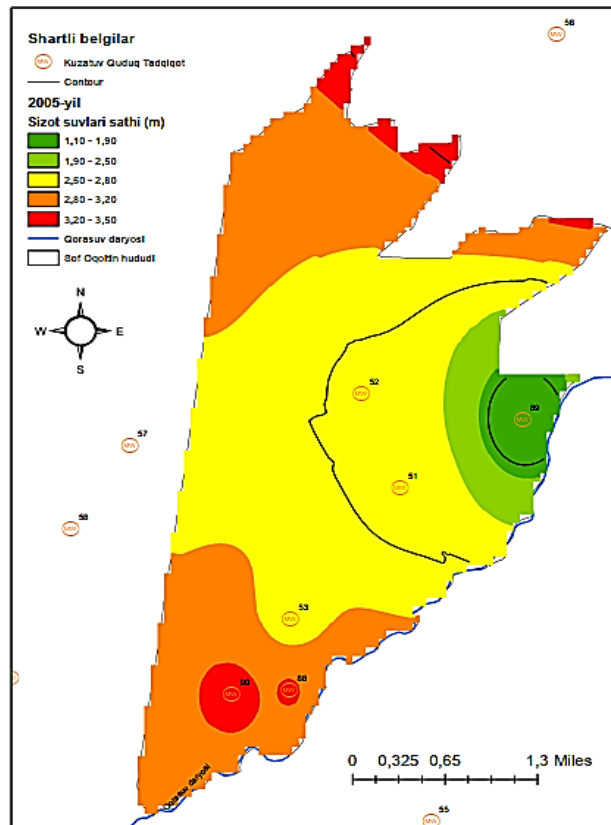
Hududiy oʻzgarishlarni baholash	• Yer osti suvlari sathini hudud boʻylab yuqori aniqlikda hisobga olishga imkon beradi
Oʻrtacha qiymatlarni hisoblash	• Cheklangan oʻlchov nuqtalari asosida boshqa nuqtalardagi qiymatlar baholanadi
Xaritalash	• Yer osti suvlarining maydon boʻylab tarqalish xaritasini ishlab chiqarish imkonini beradi
Resurslarni boshqarish	• Yer osti suvlari sathini samarali boshqarish orqali yerlarning maqbul meliorativ holatini taʼminlash imkoniyati beradi

3.16-rasm. Kriging analiz usulining imkoniyatlari

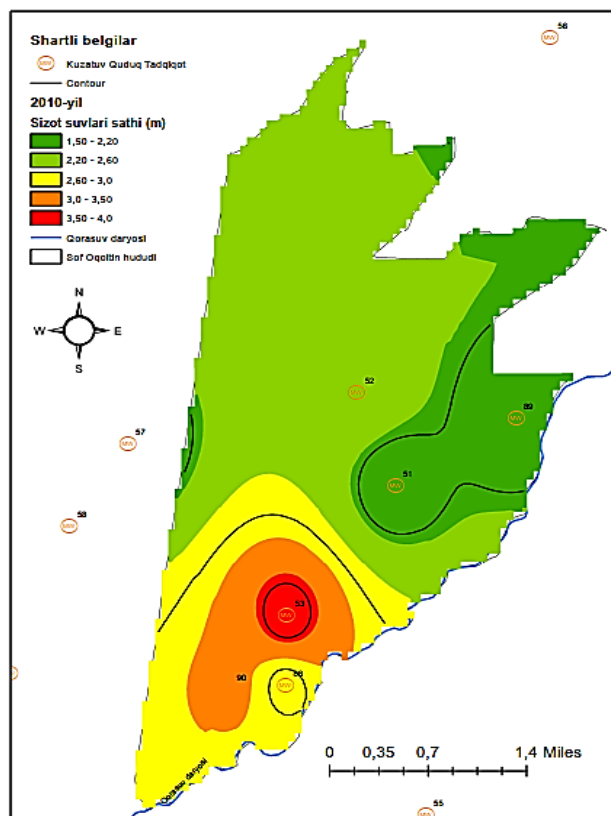
Ushbu usul sugʻoriladigan yerlarda yer osti suvlari sathini aniq baholash va suvdan oqilona foydalanish uchun yangicha yondashuv hisoblanadi. Kriging interpolatsiya usulidan foydalanish orqali tadqiqot hududining yer osti suvlari dinamikasini baholash maqsadida bir necha yillik xaritalar shakllantirilgan (3.17-rasm). Ushbu xaritalar yer osti suvlari sathining umumiy holati, oʻzaro bogʻliqligini va oʻzgarish jarayonini aniq tasvirlaydi



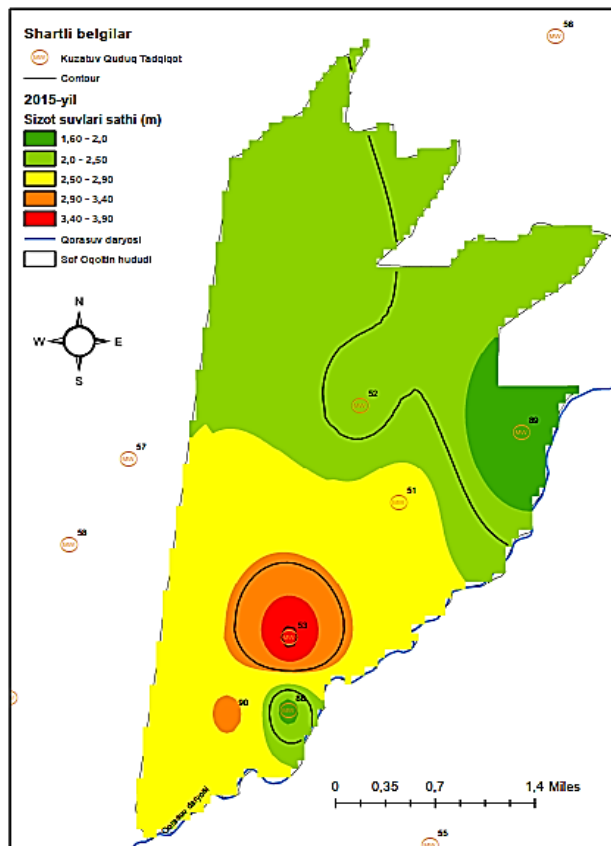
2000 yil



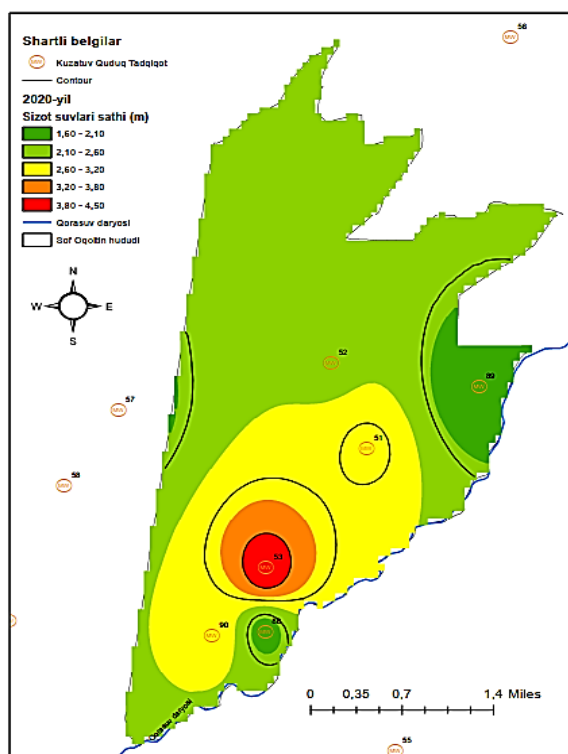
2005 yil



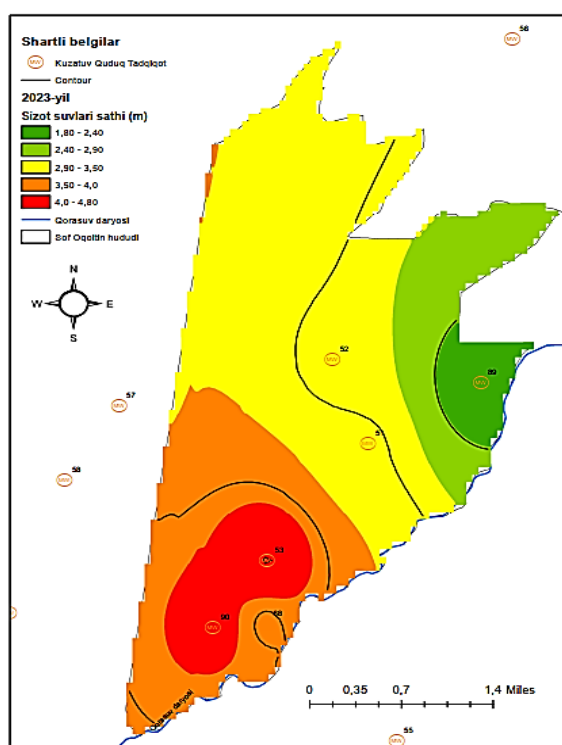
2010 yil



2015 yil



2020 yil



2023 yil

3.17-rasm. Yer osti suvlari sathining Kriging usulida tuzilgan xaritalari (2000-2023 yy.)

Yuqoridagi 3.17-rasmdagi Kriging usuli natijalaridan ko‘rinib turibdiki 2000-2023 yillar davomida yer osti suvlari sathi dinamikasining tahlili quyidagi o‘zgarishlarni ko‘rsatdi:

2000 yilda yer osti suvlari sathi yil davomida 0,40 m dan 3,50 m oralig‘ida o‘zgarib turgan. Eng yuqori yer osti suvlari sathlari, asosan, daryoga yaqin bo‘lgan kuzatuv quduqlarida qayd etilgan. Bu hududlarda daryo oqimi va sug‘orish hisobiga yer osti suvlari sathining ko‘tarilishiga olib kelgan. Suv balansining bu holati yer osti suvlari sathiga ta’sir qiluvchi asosiy omil sifatida daryodan bo‘layotgan filtratsion oqim ekanligi aniqlandi.

2005 yilga kelib yer osti suvlari sathi 1,10 m dan 3,50 m oralig‘ida o‘zgargan. Bu davrda hududdagi sug‘orish maydonlarining kengayishi va sug‘orish suvlari hisobiga daryoning yer osti suvlari sathiga ta’siri nisbatan pasaygan. Daryoga yaqin hududlarda suv sathi yuqori bo‘lgan bo‘lsa, o‘rta va uzoq hududlarda yer osti suvlari nisbatan pastroq holat kuzatilgan.

2010 yilga kelib yer osti suvlari sathi 1,50 m dan 4,0 m oralig‘ida o‘zgarib turgan. Bu holatda suv resurslarining kamayishi va sug‘orish usullarining ta’sir

ko'rsatilgan. Hududda atmosfera yog'inlari kamligi ham yer osti suvlari sathining pasayishiga ta'sir ko'rsatgan.

2015 yilda yer osti suvlari sathi 1,60 m dan 3,90 m oralig'ida o'zgargan. Bu davrda yer osti suvlari rejimida nisbiy barqarorlashuv kuzatilgan. Biroq hududiy tarqalishda yer osti suvlari sathining nomutanosibligi saqlanib qolgan. Bu davrda ham sug'oriladigan maydon va filtratsiya jarayoni yer osti suvlari sathining o'zgarishida ta'sir ko'rsatgan.

2020 yilga kelib yer osti suvlari sathi 1,60 m dan 4,50 m oralig'ida o'zgargan. Hududdagi yer osti suvlari sathi bir xil dinamikaga ega bo'lmagan. Maydonlarning ayrim qismlarida yer osti suvlari pastlab ketgan bo'lsa, boshqa qismlarda yuqoriga ko'tarilgan. Daryoning yer osti suvlariga bo'lgan ta'siri o'rta zonalarda nisbatan kamaygan.

2023 yilga kelib yer osti suvlari sathi 1,80 m dan 4,80 m oralig'ida o'zgargan. Bu davrda tadqiqot hududidagi daryodagi suv sathining muntazam o'zgarib turishi hamda suv tejovchi texnologiyalar - tomchilatib sug'orish va yomg'irlatib sug'orish usullarining joriy etilishi sug'oriladigan maydonlardagi yer osti suvlari sathining keskin o'zgarishiga sabab bo'lgan.

Kriging usulining o'ziga xos xususiyati shundaki, u ma'lum nuqtalardagi o'lchovlardan foydalanib, butun hudud bo'ylab yer osti suvlari sathining ehtimoliy qiymatlarini aniq prognozlash imkonini beradi. Bu usul, hudud gidrogeologik rejimini o'rganish va boshqarishda tezkor qarorlar qabul qilish uchun muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

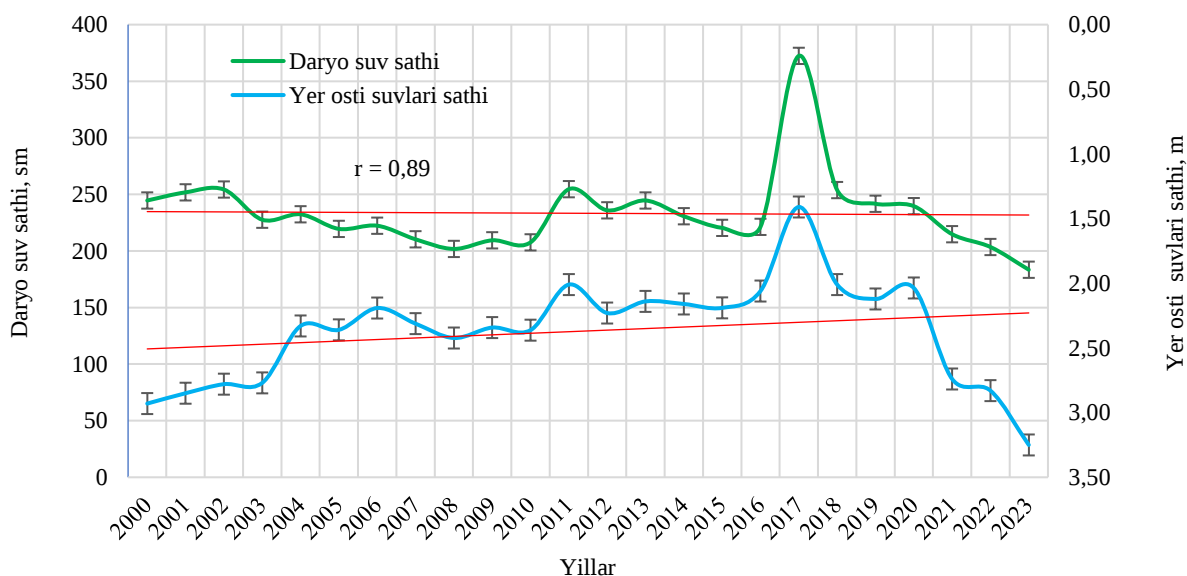
3.5-§. Geostatistik interpolatsiya natijalarining ishonchliligini asoslash

Yuqoridagi tadqiqotlar natijalari ishonchliligini baholash maqsadida hududning ko'p yillik gidrogeologik rejim va daryoning gidrologik rejim elementlarining dinamikasining o'zaro bog'liqligi aniqlandi.

Buning uchun daryo va yer osti suvlari sathlari orasidagi bog'liqlik grafigi tuzildi (3.18-rasm). Ushbu grafikda daryo suv sathining o'zgarishi bilan yer osti suvlarining o'zgarishi o'rtasidagi aniq bog'liqlik mavjudligi ko'rish mumkin. Qolaversa daryodagi o'rtacha yillik suv sathi ko'tarilishi bilan yer osti suvlari sathida ham ko'tarilishlar kuzatildi.

Yuqoridagi grafik tahlil natijalari asosida yer osti suvlarining sathi bilan daryo suv sathi o'rtasidagi bog'lanish kvadrat regressiya tenglamasi yordamida ifodalandi:

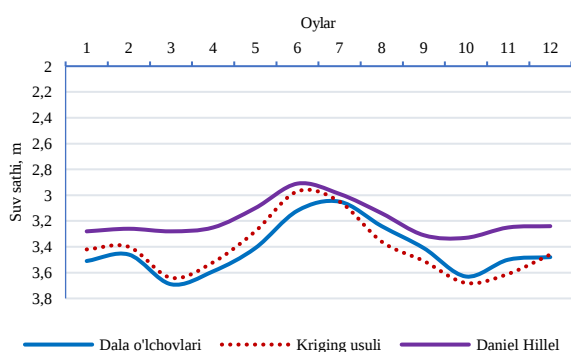
$$y = 0,6520x^2 - 4,5972x + 9,4884 \quad (3.6)$$



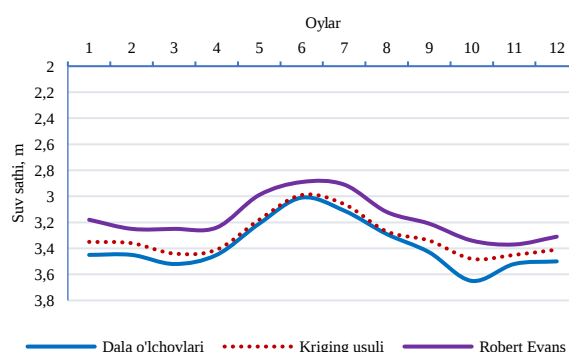
3.18-rasm. Qorasuv daryosida suv sathining ko'p yillik o'zgarishining yer osti suvlari sathiga bog'liqligi tahlili

Hisob-kitob natijasida korrelyatsiya koeffitsiyenti $r = 0.89$ ga teng bo'ldi. Bu qiymat daryo sathi va yer osti suvlari sathi o'rtasida ijobiy gidrologik bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi. Shunday qilib, daryo sathining o'zgarishi yer osti suvlarining sathiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

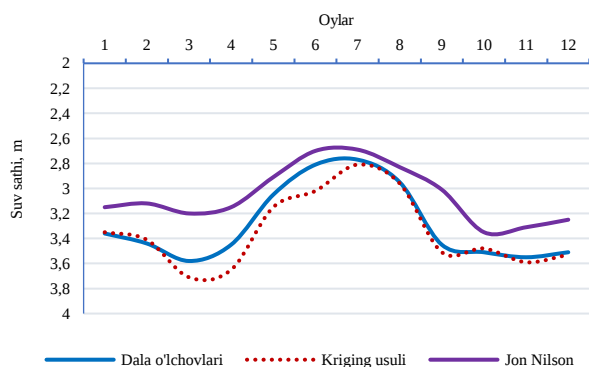
Ushbu tadqiqot natijalari bo'yicha, dala o'lchovlari, matematik modellar orqali hisoblangan va Kriging usuli orqali olingan ma'lumotlar o'zaro solishtirib tahlil qilindi. Daryoning, har bir sug'orish usulining va matematik modelning natijalari o'rtasidagi o'zaro farqlar borligi aniqlandi (3.19-3.20-3.21-3.22-rasmlar).



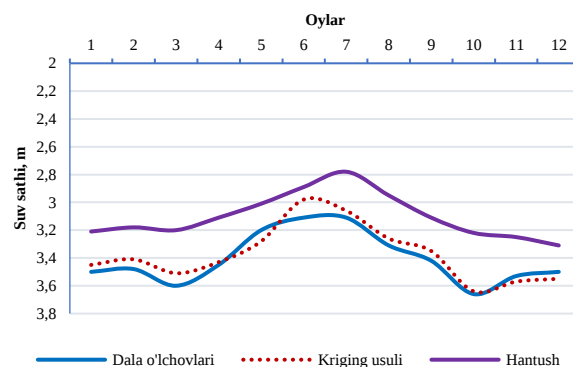
3.19-rasm. Tomchilatib sug'orish usulida sug'orilgan maydonda dala o'lchovi, Daniel Hillel modeli va Kriging usuli orqali olingan qiymatlarni taqqoslash grafifi



3.20-rasm. Yomg'irlatib sug'orish usulida sug'orilgan maydonda dala o'lchovi, Robert Evans modeli va Kriging usuli orqali olingan qiymatlarni taqqoslash grafifi



3.21-rasm. An'anaviy sug'orish usulida sug'orilgan maydonda dala o'lchovi, Jon Nilson modeli va Kriging usuli orqali olingan qiymatlarni taqqoslash grafigi



3.22-rasm. Daryoning sug'orilgan maydonlarga to'g'ridan to'g'ri ta'siri bo'yicha dala o'lchovi, Hantush modeli va Kriging usuli orqali olingan qiymatlarni taqqoslash grafigi

Yuqoridagi grafiklardan ko'rinib turibdiki, daryo sathi, turli sug'orish usullari bo'yicha aniqlangan matematik modellar natijalari hamda Kriging interpolatsiya usuli yordamida olingan ma'lumotlar o'zaro yuqori darajada muvofiqlikni namoyon etadi. Bu esa tanlangan Kriging usulining aniqligi, ishonchliligi va natijaviyligini tasdiqlaydi.

Tomchilatib sug'orish usulida sug'orilgan maydonda o'lchangan o'rtacha yillik dala suv sathi 3,44 m ga teng bo'lgan. Kriging usuli yordamida aniqlangan o'rtacha yillik suv sathi 3,40 m, matematik model bo'yicha esa 3,18 m ni tashkil etdi. Dala o'lchovi va Kriging usuli natijalari orasidagi farq 0,04 m (1,16 %) bo'lib, bu ularning o'zaro yuqori darajadagi mosligini ko'rsatadi. Dala o'lchovi bilan matematik model natijalari orasidagi farq esa 0,26 m (7,56 %) ni tashkil etdi.

Yomg'irlatib sug'orish usulida sug'orilgan maydonda o'lchangan o'rtacha yillik dala suv sathi 3,38 m ga teng bo'lgan. Kriging usuli orqali aniqlangan o'rtacha yillik suv sathi 3,31 m, matematik model bo'yicha esa 3,16 m ni tashkil etdi. Dala o'lchovi va Kriging usuli natijalari orasidagi farq 0,07 m (2,07 %) bo'lib, bu ularning o'zaro yuqori darajadagi mosligini ko'rsatadi. Dala o'lchovi va matematik model natijalari orasidagi farq esa 0,22 m (6,51 %) ni tashkil qildi.

An'anaviy sug'orish usulida sug'orilgan maydonda o'lchangan o'rtacha yillik dala suv sathi 3,36 m ga teng bo'lgan. Kriging usuli orqali aniqlangan o'rtacha yillik suv sathi 3,46 m, matematik model bo'yicha esa 3,07 m ni tashkil etdi. Dala o'lchovi va Kriging usuli natijalari orasidagi farq 0,10 m (2,98 %) bo'lib, ularning o'zaro

yuqori darajadagi mosligini ko'rsatadi. Dala o'lchovi va matematik model natijalari orasidagi farq esa 0,29 m (8,63 %) ni tashkil qildi.

Daryoning sug'orilgan maydonlarga to'g'ridan-to'g'ri ta'siri bo'yicha o'rtacha yillik dala suv sathi 3,50 m ga teng bo'lgan. Kriging usuli orqali aniqlangan o'rtacha yillik suv sathi 3,55 m, matematik model bo'yicha esa 3,31 m ni tashkil etdi. Dala o'lchovi va Kriging usuli natijalari orasidagi farq 0,05 m (1,43 %) bo'lib, ularning o'zaro yuqori darajadagi mosligini ko'rsatadi. Dala o'lchovi va matematik model natijalari orasidagi farq esa 0,19 m (5,43 %) ni tashkil qildi.

Ushbu natijalar Kriging usuli yordamida olingan ma'lumotlarning aniqligi va ishonchliligini tasdiqlaydi.

Qorasuv daryosi gidrologik rejimi ko'rib chiqilayotgan hududdagi yer osti suvlari sathining dinamikasiga doimiy ta'sir ko'rsatadi. Daryosining yer osti suvlari sathiga ta'sir radiusi 1500-1950 metr masofagacha bo'lishi aniqlandi.

Jumladan 2017-yilda daryoda maksimal suv sathlari kuzatilgan bo'lib, o'rtacha yillik suv sathi 372,4 sm ni tashkil etgan. Aynan shu yilda yer osti suvlarining ham o'rtacha yillik sathi 1,41 m bo'lgan. Bu holat daryo suv sathi va yer osti suvlarining o'zaro bog'liqligini yaqqol ko'rsatadi. Suv sathining maksimal qiymati kuzatilgan davrda uning ta'sir chegarasi $F = 11,64 \text{ km}^2$ ga teng bo'lgan.

Daryoda minimal suv sathi kuzatilgan 2023 yilda 184,3 sm bo'lib ushbu yilda yer osti suvlarining o'rtacha yillik suv sathi 3,05 m ga tushgan. Ushbu davrda daryoning ta'sir chegarisi maydoni $F = 4,06 \text{ km}^2$ teng bo'lgani aniqlandi. Masofadan zondlash tasvirlari va Kriging interpolatsiya usullari orqali olingan ma'lumotlar yer osti suvlari sathining o'zgarishini chegarasini aniq baholash imkonini berdi.

Yer osti suvlarini shakllantirishdagi har bir manbaning ulushi GAT va masofadan zondlash ma'lumotlari yordamida aniqlanib, hududning gidrogeologik rejimini baholashda ushbu texnologiyalar yuqori aniqlik va ishonchlilikka ega ekanligi ilmiy jihatdan tasdiqlandi.

IV-BOB. YER OSTI SUVLARI DINAMIKASINI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA BAHOLASH

4.1-§. Raqamli modellashtirish asosida yer osti suvlarining dinamikasini baholash metodologiyasi

Sugʻoriladigan hududlarda yer osti suvlarining dinamikasi daryo gidrologik rejimiga, irrigatsiya jarayonlariga hamda suv xoʻjaligi faoliyati natijasida yuzaga keladigan antropogen omillarga bevosita bogʻliqdir. Shuning uchun ham sugʻoriladigan maydonlarda yer osti suvlarining koʻtarilishi yoki pasayishi jarayonlarini matematik modellashtirish ilmiy va amaliy jihatdan muhim hisoblanadi. Yer osti va yer usti suvlarining oʻzaro taʼsirini hisobga oluvchi raqamli geofiltratsion model, avvalo, suv resurslaridan oqilona foydalanish, meliorativ holatni baholash hamda hududda yuzaga kelishi mumkin boʻlgan salinatsiya jarayonlarini oldindan prognoz qilish imkonini beradi. Bunday yondashuv irrigatsiya tizimlarini samarali boshqarish hamda suv resurslarini tejash uchun ilmiy asos boʻlib xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotda daryo va yer osti suvlarining oʻzaro bogʻliqligini hisobga olgan holda nostatsionar sharoitdagi erkin suv sathli geofiltratsiyaning matematik modeli takomillashtirildi. Modelda yuqori va pastki chegaralarda suv oqimi sharoitlari, ichki manbalar hamda daryo oʻzanida joylashgan suv olish inshootlari taʼsiri nazarda tutilgan. Natijada, yer osti suvlarining suvli qatlamlardagi harakatini tavsiflovchi gidrogeologik model parabolik turdagi xususiy hosilali differensial tenglamalar tizimi koʻrinishida ifodalandi.

Daryo va yirik sugʻorish tarmoqlari oqib oʻtadigan hududida joylashgan sugʻoriladigan maydonlarda yer osti suvlari sathiga bevosita daryo va sugʻorish tarmoqlarida boʻladigan filtratsiya sarfi muhim rol oʻynaydi. Ushbu holat tadqiqot obyekti va uning hududida joylashgan sugʻoriladigan maydonlarda olib borilgan dala tadqiqotlari tasdiqladi. Ushbu holatni inobatga olib hudud yer osti suv harakati qonuniyatini oʻrganish maqsadida Busineks ikki oʻlchamli yer osti suvlarining harakati modelidan foydanildi. Ushbu model quyidagi koʻrinishga ega.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y h \frac{\partial h}{\partial y} \right) + f + Q_{kq} \quad (4.1)$$

Bu yerda $h(x, y, t)$ - yer osti suvlari sathi [m], k_x, k_y - filtratsiya koeffitsiyenti [m/kun], $\frac{\partial h}{\partial x} = (K_x h \frac{\partial}{\partial x})$; $\frac{\partial h}{\partial y} = (K_y h \frac{\partial}{\partial y})$ - yaʼni Darsi-Dyupyu qonuni boʻyicha suvli qatlamning gorizontal harakati; h - qatlam qalinligi [m], f - yer osti suvlarining

sugʻorish va iqlimiy omillar hisobiga toʻyinishi [m/kun]; Q_{kq} - bevosita qaralayotgan maydonda turli tadbirlar yordamida olingan yer osti suvlari hajmi [m/kun].

Qaralayotgan tadqiqot obyekti uchun (4.1) tenglamani bir oʻlchovli deb qarash, yaʼni $(\frac{\partial h}{\partial y} = 0)$ hamda hududda yer osti suvlaridan foydalanish va qoʻshimcha zovur suvlari qoʻshilmasligi ($Q_{kq} = 0$) hisobga olib (4.1) tenglamani quyidagicha yozamiz, yaʼni

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + f(x, t) \quad (4.2)$$

Bu yerda:

$$f(x, t) = \frac{P(t) + I(t) - ET(t) - \Delta S(t)}{1000} \left[\frac{\text{m}}{\text{kun}} \right]; \quad (4.3)$$

$P(t)$ - atmosfera yogʻinlari; $I(t)$ - sugʻorish meʼyori; $ET(t)$ - evotranspiratsiya; $\Delta S(t)$ - tuproq namligi.

Quyidagi chegaraviy shartni qabul qilsak, yaʼni daryo qirgʻogʻiga ($x=0$) da

$$q(0, t) = C_d(h_d(t) - h(0, t)) \quad (4.4)$$

C_d - daryo tubi va yon qirgʻoqlari suv oʻtkazuvchanligi [m²/kun];

$h_d(t)$ - daryodagi suv sathi.

$$x = L \text{ da esa } q(L, t) = 0$$

Demak,

$$q(x, t) = -Kh \frac{\partial h}{\partial x} \text{ [m}^2\text{/kun]}; \quad (4.5)$$

Qaralayotgan jarayonni kunlik oʻzgaruvchan deb qarash, yaʼni kvazistatsion deb qabul qilsak: $\frac{\partial h}{\partial t} \approx 0$ da $q_x = f(x, t)$ boʻlsa, u holda yer osti suvlari oqimi

$$q(x, t) = \int_L^x f(\xi, t) d\xi = - \int_x^L f(\xi, t) d\xi, \quad q(L, t) = 0 \quad (4.6)$$

ξ - integral yordamchi oʻzgaruvchisi (x - bilan bir xil oʻlchamga ega).

Daryo chegarasi esa:

$$q(0, t) = C_d(h_d(t) - h(0, t)) = - \int_0^L f(\xi, t) d\xi \quad (4.7)$$

Demak

$$h(0, t) = h_d(t) + \frac{F_{hud}(t)}{C_d}, \quad F_{hud}(t) = - \int_0^L f(\xi, t) d\xi \quad (4.8)$$

Ushbu holatdan kelib chiqib quyidagi yechimga ega boʻlamiz.

$$(h^2)_x = \frac{-2}{K} q(x, t) \quad \text{yoki}$$

$$h^2(x, t) = h^2(0, t) + \frac{2}{K} \int_0^L \min(x, \xi) f(\xi, t) d\xi \quad (4.9)$$

Integralashdan so'ng, ya'ni

$$F(x, t) = \int_0^x f(\xi, t) d\xi, \quad M(x, t) = \int_0^x f(\xi, t) d\xi \quad (4.10)$$

so'ng bazaviy hisoblash formulasiga ega bo'lamiz:

$$h^2(x, t) = h^2(0, t) + \frac{2}{K} [M(x, t) + x(F_{hud}(t) - F(x, t))] \quad (4.11)$$

Xususiy holat uchun, ya'ni ma'lum hududda $f = f(t)$ bo'lsa:

$$h(0, t) = h_d(t) + \frac{f(t)L}{C_d}$$

$$h_{baza}(x, t) = \sqrt{h(0, t)^2 + \frac{2f(t)L}{K}x - \frac{f(t)}{K}x^2} \quad (4.12)$$

$$q(x, t) = f(t) \cdot (x - L)$$

K - filtratsiya koeffitsiyenti [m²/kun].

Keyingi bosqichda ushbu bazaviy formulaga Kriging parametrini qo'shamiz.

$$\partial h(x_i, t) = h_{quduq}(x_i, t) - h_{baza}(x_i, t) \quad (4.13)$$

Kriging variogramma parametrlari nugget (o), sill (s), range (n).

Hamda semivariogramma:

$$\gamma(r) = \begin{cases} h + s(1,5f - 0,5\rho^3) & \rho = r/a \leq 1 \\ n + s & f > 1 \end{cases} \quad (4.14)$$

Kovariatsiya esa:

$$c(r) = (n + s) - \gamma(r) \quad (4.15)$$

Kriging tizimi uchun

$$\begin{bmatrix} C & 1 \\ 1^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C(x) \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\widehat{\delta h}(x, t) = \sum_L \lambda_i \cdot \delta h(x_i, t) \quad (4.16)$$

Kriging dispersiya esa

$$\sigma_K^2(x, t) = (n + s) - C^T \lambda - \mu \quad (4.17)$$

va yakuniy model:

$$\widehat{h}(x, t) = h_{baza}(x, t) + \widehat{\delta h}(x, t) \quad (4.18)$$

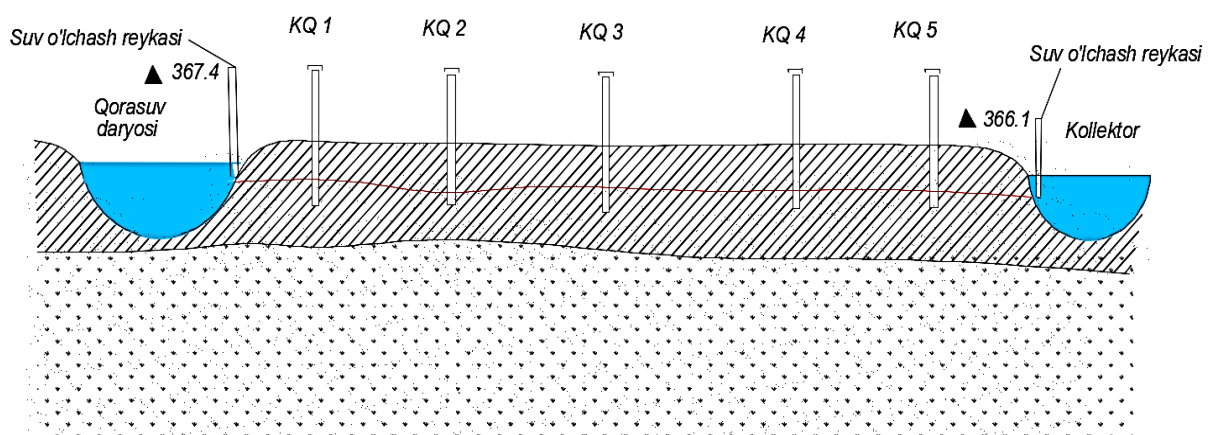
ga ega bo'lamiz.

Ushbu model yordamida sug'oriladigan maydonlarda kuzatuv quduqlarida olib borilgan monitoring o'lchovlari hamda modelda tayanch-nazorat punktlari

uchun hisoblangan suv sathlari taqqoslanadi. Shu asosda model kalibrovka qilinadi va haqiqiy suv sathlari aniqlanadi.

Modeldan foydalanish natijasida gidrogeologik tizimlarning asosiy geofiltratsiya parametrlari aniqlanadi. Bu esa kelgusida hudud uchun gidrogeologik bashorat masalalarini hal qilishda mustahkam ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Shunday qilib, deterministik model (daryo ta'siri va suv balansi asosida) hudud bo'yicha umumiy tavsiflovchi asos vazifasini bajarsa, Kriging usuli mazkur modelni monitoring ma'lumotlari bilan moslashtiradi va fazoviy tafovutlarni hisobga oladi. Natijada yondashuv real sharoitga yaqinlashtirilgan bo'lib, bashorat natijalarining aniqligi oshiriladi.

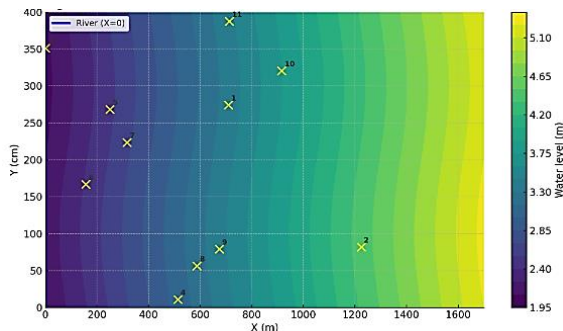
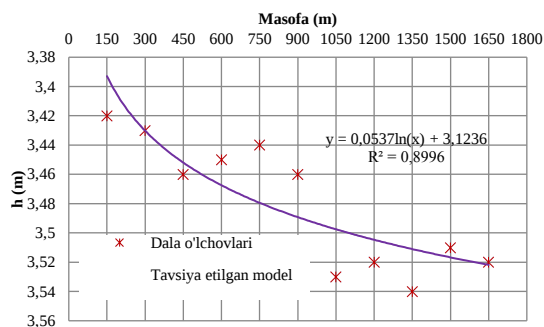
Yuqorida keltirilgan hisob-kitoblar va model kalibrovkasi natijasida tadqiqot hududida daryo ta'siri ostida yer osti suvlarining fazoviy o'zgarishi hamda kollektor yo'nalishi bo'yicha vertikal taqsimoti aniqlandi. Shu asosda quyidagi rasmda (4.1-rasm) daryo-kollektor kesimida kuzatuv quduqlari (KQ1–KQ5) kesimida yer osti suvlarining vertikal taqsimoti ko'rsatilgan.



4.1-rasm. Model asosida aniqlangan daryo-kollektor kesimida yer osti suvlarining vertikal taqsimoti (KQ1-KQ5 bo'yicha)

Mazkur tadqiqotda gidrogeologik rejim ma'lumotlarni qayta ishlashda filtratsiya va suv o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari, shuningdek, daryo tubidan bo'ladigan filtratsiya qarshiligi modelda hisob-tajriba ishlari amalga oshirildi, dastlabki hisob-kitoblari kiritildi.

Qorasuv daryosi yaqinidagi yer osti suvlari sathini aniqlash bo'yicha modellashtirishning ishonchliligini baholash maqsadida dala o'lchov natijalari bilan taqqoslash amalga oshirildi. Olingan natijalar 4.2-rasmda keltirilgan.



4.2-rasm. O'lchangan va model natijalari tahlili

Model natijalariga asoslangan holda yer osti suvlarining sathlari yashil nuqtalar bilan ifodalangan bo'lib, ular kuzatuv quduqlaridan olingan ma'lumotlar bilan solishtirilganda katta tafovutga ega emas. Kuzatuv quduqlaridagi o'lchash natijalarining yillik o'rtacha qiymatlari hisobga olinganligi sababli mazkur farqlar yuzaga kelgan.

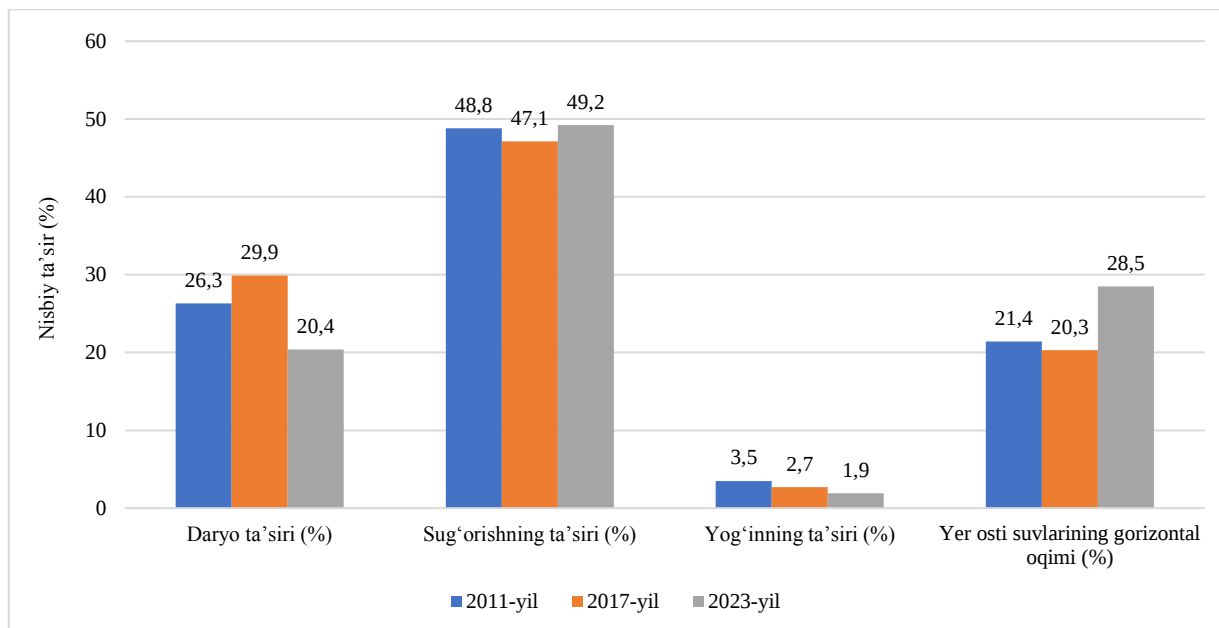
Qolaversa yer osti suvlarining shakllanishiga daryo rejimi, sug'orishga yo'naltirilgan suv miqdori, yillik yog'in miqdori va yer osti suvlari gorizonttal oqimi ham ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqot hududi uchun 2011 (o'rtacha suvli yil), 2017 (ko'p suvli yil) va 2023 (kam suvli yil) yillar xarakterli sifatida tanlab olindi va ular bo'yicha hisoblash ishlari amalga oshirildi.

Jumladan 2017 yilda daryodagi suv sathi eng yuqori (372,4 sm) bo'lib, yer osti suvlarining sathi 1,41 m gacha ko'tarilgan. Ushbu yilda sug'orishga ajratilgan suv hajmi 49,05 mln m³, yillik yog'in miqdori esa 297,3 mm ni tashkil etgan.

2023 yilda daryodagi suv sathi eng past (183,4 sm) bo'lib, yer osti suvlarining sathi 3,05 m gacha tushib ketgan. Sug'orishga berilgan suv miqdori 46,14 mln m³, yillik yog'in esa 253,7 mm bo'lgan.

2011 yilda daryo sathi o'rtacha (256,4 sm), yer osti suvlarining sathi esa 2,01 m bo'lgan. Bu davrda sug'orish hajmi 48,93 mln m³, yillik yog'in esa 332,3 mm ni tashkil etgan.

Hududiy tahlil natijalariga ko'ra, har bir manbaning - daryo sathi, sug'orish, yog'in va gorizonttal oqimning yer osti suvlariga alohida ulushi hisoblab topildi. Natijalar 4.3-rasmda keltirilgan.



4.3-rasm. Xarakterli yillarda yer osti suvlarining shakllanishida asosiy manbalar (daryo, sug'orish, yog'in va gorizontal oqim) ulushining taqsimlanishi

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, barcha xarakterli yillarda yer osti suvlarining shakllanishida asosiy ulush sug'orish (47-49 %) va daryoning ta'siriga (20-29 %) to'g'ri keladi. Gorizontal oqimning ulushi 20-28 % ni, yog'in miqdori ta'siri esa eng kichik – 1-3 % ni tashkil etgan. Bu natijalar hududda yer osti suvlarining shakllanishida nafaqat sug'orish, balki daryoning ham sezilarli ta'siri borligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

4.2-§. Mobil platformalar yordamida yer osti suvlarining dinamikasini uzluksiz monitoring qilish tizimini takomillashtirish

Jahonda yer usti va yer osti suvlarini monitoring qilish, sug'oriladigan yerlarning gidrogeologik-meliorativ holatini baholash hamda suv resurslaridan tejamli foydalanishni nazorat qilish dolzarb masalalardan biridir. Ushbu tadqiqotda mobil ilovalar yordamida sug'oriladigan maydonlarda yer osti suvlari rejimi monitoringini samarali tashkil etish istiqbollari tahlil qilindi.

Kuzatuv quduqlarida yer osti suvlarining sathini va boshqa parametrlarini turli xil zamonaviy qurilmalar orqali ham aniqlasa bo'ladi. Lekin kuzatuv quduqlari turli xil uzoq masofalarda joylashgan bo'lib, har bir kuzatuv qudug'i oldiga borib qo'l mehnati orqali yer osti suvlarining parametrlarini aniqlash kerak bo'ladi (4.4-rasm).



4.4-rasm. Kuzatuv quduqlarida yer osti suvlarning sathini o'lchash jarayoni

Bunday sharoitda ish olib borish jarayoni ko'p mehnat va iqtisodiy xarajatlarni talab qiladi. Shu sababli ushbu jaryonlarni tezkorligini va aniqliligini yanada oshirish imkoniyati paydo bo'lmoqda.



Kuzatuv nuqtalari	
Nayman (89)	
Suv Bosimi:	0.10 kPa
Suv Sathi:	5.20 m
Suv harorati:	2.00 °C
Havo harorati:	2.00 °C
Mineralizatsiya:	0.55 g/l
Vahti:	2023/09/22 21:42
Lindsay (90)	
Suv Bosimi:	153.69 kPa
Suv Sathi:	2.20 m
Suv harorati:	18.00 °C
Havo harorati:	26.50 °C
Mineralizatsiya:	0.47 g/l
Vahti:	2023/09/22 16:42
Polligon (88)	
Suv Bosimi:	0.10 kPa
Suv Sathi:	5.20 m
Suv harorati:	2.00 °C
Havo harorati:	2.00 °C

Kuzatuv nuqtalari	
Lindsay (90)	
Suv Bosimi:	0.00 kPa
Suv Sathi:	0.00 m
Suv harorati:	0.00 °C
Havo harorati:	0.00 °C
Mineralizatsiya:	0.55 g/l
Vahti:	no data time
Polligon (88)	
Suv Bosimi:	147.35 kPa
Suv Sathi:	2.91 m
Suv harorati:	15.10 °C
Havo harorati:	34.70 °C
Mineralizatsiya:	0.41 g/l
Vahti:	2023/05/16 11:00

4.5-rasm. Kuzatuv quduqlari mobil ilovasining umumiy ko'rinishi

Ushbu vazifalarni tezkor hal qilish suv xo‘jaligi tizimlariga mobil ilovalarni keng qo‘llash orqali erishiladi. Buning uchun yer osti suvlarini kuzatishni o‘lchov-kuzatuv moslamalaridan foydalanish yo‘riqnomalari asosida, Flutter Framework platformasining Dart (C++, Java) dasturlash tilidan foydalangan holda Android 12+ operatsion tizimidagi yangi mobil ilova “Kuzatuv quduqlari” yaratildi (4.5-rasm).

Ushbu ilovani yaratishda quyidagi texnologiyalardan foydalanildi:

Dasturlash tili: Dart (Flutter Framework platformasida), shuningdek, C++ va Java tillari yordamchi kutubxonalar va interfeys modullarini ishlab chiqishda qo‘llanilgan.

APIlar: Android 12+ operatsion tizimi uchun moslashgan Flutter APIlari, Bluetooth Low Energy (BLE) va USB interfeys APIlari orqali DIVER qurilmasidan ma’lumot olish, Firebase API orqali ma’lumotlar bazasini sinxronlash.

GIS qatlamlar: Google Maps API orqali kuzatuv quduqlari joylashuvini xaritada ko‘rsatish, yer osti suvlarining monitoring nuqtalarini geografik axborot tizimi (GAT) asosida integratsiya qilish.

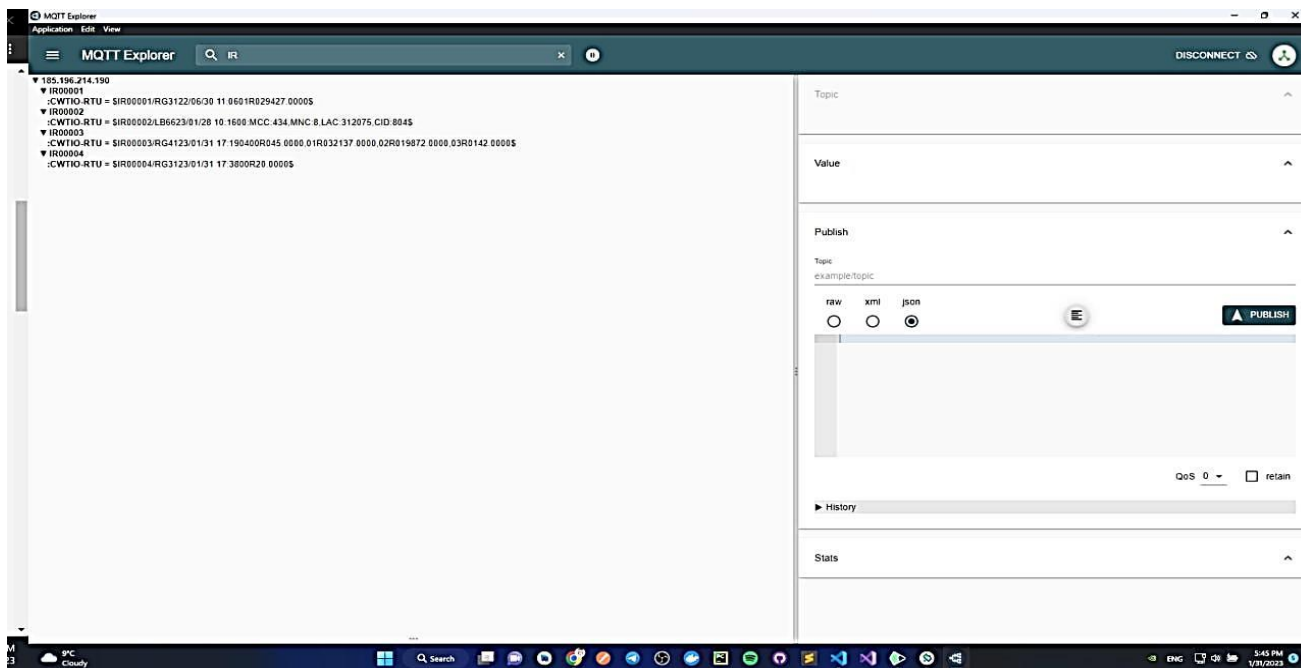
Ilova yer osti suvlarining sathini, bosimini, haroratini va umumiy minerallashuvini o‘lchovchi masofaviy ma’lumot uzatish qurilmasi yordamida masofadan monitoring qilish, axborotlarning ishonchliligini hamda olib borilayotgan gidrogeologik ishlarning samaradorligi va unumdorligini oshirish, moliyaviy xarajatlarni tejash kabi imkoniyatlarga ega bo‘lish mumkin.

“Kuzatuv quduqlari” mobil ilovaning bugungi kundagi imkoniyatlaridan foydalanib Respublikamiz tuman ITB va fermer xo‘jaliklari hududida joylashgan yer osti suvlarini sathi mineralizatsiyasining o‘zgarishini onlayn rejimda kuzatib borish imkonini beradi. O‘lchov-kuzatuv ishlarining aniqligi va tezkorligini oshirish uchun xizmat qiladi.

Ushbu ishlab chiqilgan mobil ilova kuzatuv quduqlarida yer osti suvlarning sathini, haroratini va umumiy minerallashuvini o‘lchovchi masofaviy ma’lumot uzatish “DIVER” qurilmasi yordamida amalga oshirildi.

Har bir o‘lchangan ma’lumotning doimiy ravishda bazaga avtomatik tarzda qayd etilishi yer osti suvlarini monitoring qilish jarayonining aniqligi, ishonchliligi va ilmiy-tahliliy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kuzatuv quduqlari mobil ilovasi o‘lchangan ma’lumotlarni avtomatik ravishda bazaga yuborib turadi hamda ularni doimiy saqlab boradi (4.6-rasm).



4.6-rasm. Kuzatuv quduqlari mobil ilovasidan o‘lchangan ma’lumotlarni bazadan yuklab olish jarayoni

Ta’kidlash joizki, mobil ilovalar yer osti suvlari rejimlarining o‘zgarishini monitoring qilishda muhim vositaga aylanmoqda. Ularning keng qo‘llanilishi nafaqat suv resurslari monitoringining samaradorligini oshirish, balki ekologik muvozanatni saqlash hamda barqaror rivojlanishni ta’minlashga xizmat qilmoqda.

Mobil ilovaning texnik spetsifikatsiyasi va funksional imkoniyatlari:

Yer osti suvlarini masofaviy o‘lchash va monitoring qilish;

DIVER qurilmasidan keluvchi ma’lumotlarni qabul qilish, qayta ishlash ba vizualizatsiya qilish;

Olingan ma’lumotlarni bazaga saqlash, keyinchalik tahlil qilish ba hisobotlar shakllantirish;

Foydalanuvchi interfeysi orqali mobil qulay foydalanish imkoniyati;

Gidrogeologik kuzatuv ishlarining tezkorligi ba aniqligini oshirish.

Shunday qilib, mobil ilovalar asosida yer osti suvlari rejimining o‘zgarishini monitoring qilish tizimini shakllantirish nafaqat zamonaviy ilmiy-tadqiqot yo‘nalishlaridan biri, balki yer osti suv resurslarini barqaror boshqarish va ularning miqdoriy-dinamik holatini real vaqt rejimida baholashda muhim amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan innovatsion yechim sifatida qaraladi.

Ushbu ilova orqali ma’lumotlarni operativ yig‘ish, tahlil qilish va prognozlash monitoring jarayonlarini samarali va optimallashtirilgan tarzda amalga oshirish

imkonini beradi. Ilova dala kuzatuv ishlarining samaradorligi 2,5 baravarga oshiradi hamda o'lov-kuzatuvlar bilan bog'liq mehnat sarfini 75-85% ga qisqartiradi.

4.3-§. Yer osti suvlarini monitoring qilish jarayonida geoaxborot texnologiyalarining iqtisodiy samaradorligini baholash

Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining barqaror rivojlanishi, yer resurslaridan oqilona foydalanish va sug'oriladigan yerlarning hosildorligini oshirish bugungi kunda eng muhim masalalardan biri hisoblanadi. Shu bilan birga, tuproq unumdorligini saqlab qolish va doimiy ravishda oshirib borish, shuningdek, unumdorlikni pasaytiruvchi omillarni o'z vaqtida aniqlab, ularga qarshi samarali choralarni qo'llash dolzarb vazifalardan biri bo'lib qolmoqda. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda qishloq xo'jaligi sohasida zamonaviy texnologiyalardan foydalanish muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda mamlakatimizda qishloq xo'jaligi sohasiga innovatsion texnologiyalar va zamonaviy ilmiy yutuqlarga asoslangan ilg'or texnologiyalar keng joriy etilmoqda. Xususan, axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish orqali resurslarni samarali boshqarish, monitoring qilish va tahlil qilish masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Zamonaviy texnologiyalar orasida geoaxborot tizimlari (GAT) alohida o'rin tutadi.

Hozirgi islohotlar ushbu tizimlarni qishloq xo'jaligi sohasida keng qo'llash va ularning iqtisodiy samaradorligini aniqlash uchun mustahkam asos yaratmoqda. GAT texnologiyalari yordamida monitoring olib borish, gidrogeologik xaritalarni yaratish va sohaga oid ma'lumotlarni tahlil qilish hamda ulardan samarali foydalanish mumkin. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi geoaxborot tizimlarining iqtisodiy samaradorligini o'rganishdan iboratdir. Sug'oriladigan yerlarning yer osti suvlarini o'rganish jarayonida GAT texnologiyalaridan foydalanish Toshkent viloyati O'rta Chirchiq tumani misolida ko'rib chiqildi. Tadqiqot davomida ESRI kompaniyasining ArcGIS Interpolyatsion maxsus modulidan foydalanildi. Olingan natijalar geostatistik tahlillar, GAT asosida ma'lumotlarni qayta ishlash va qiyosiy tahlillar yordamida umumlashtirildi va baholandi.

Geoaxborot tizimi texnologiyalarining iqtisodiy samaradorligini aniqlashda gidrogeologik tadqiqotlar va gidrogeologik xaritalarni ishlab chiqish jarayonlarida sarflanadigan vaqt miqdori asosiy ko'rsatkich sifatida tanlandi. Xaritalarni ishlab chiqish uchun talab etiladigan vaqt miqdori har bir bosqich bo'yicha batafsil tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari jadval ko‘rinishida taqdim etilgan bo‘lib, ulardan ko‘rinib turibdiki, 1:2000 miqyosdagi xo‘jaliklar uchun yer osti suv sifatini baholash xaritalarini yaratishda geoaxborot tizimi texnologiyalaridan foydalanish an‘anaviy usullarga nisbatan sezilarli darajada samaraliroqdir. Xususan, ushbu xaritani yaratish jarayonini to‘liq yakunlash uchun an‘anaviy usullarda 1170 daqiqa (19,5 soat) vaqt talab qilinsa, geoaxborot tizimi texnologiyalari yordamida ushbu jarayon atigi 90 daqiqada (1,5 soat) amalga oshiriladi. Shunday qilib, geoaxborot tizimlarini qo‘llash natijasida jarayonni yakunlash uchun ketadigan vaqt qariyb 13 barobar qisqaradi. An‘anaviy usullarda bir kishi ushbu ishni bajarish uchun taxminan uch kun sarflashi kerak bo‘lsa, geoaxborot tizimlari yordamida buni atigi bir yarim soat ichida amalga oshirish mumkin. Bunday texnologiyalar ish hajmini kamaytirish, tannarxni pasaytirish va yakunda ishlab chiqariladigan mahsulot narxini arzonlashtirish imkonini beradi. Bu esa zamonaviy bozor iqtisodiyoti sharoitida korxona va tashkilotlar uchun yuqori iqtisodiy samaradorlikni ta‘minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Mazkur tadqiqot natijalari 4.1-jadvalda batafsil yoritilgan bo‘lib, geoaxborot tizimlarining iqtisodiy samaradorligini yaqqol ko‘rsatib beradi. Ushbu texnologiyalarni keng miqyosda joriy etish va ularning imkoniyatlaridan foydalanishni kengaytirish qishloq xo‘jaligi sohasida resurslardan samarali foydalanishni ta‘minlaydi va ushbu jarayonlarning iqtisodiy samaradorligini oshiradi.

4.1.-jadval.

1:10 000 masshtabdagi xo‘jalik hududlarini gidrogeologik baholash xaritalarini tuzishda mehnat sarfi

№	Ishlar turi	Vaqt sarfi, minut	
		An‘anaviy	GAT
1	Gidrogeologik kesmalarini xaritaga tushirish	180	20
2	Kuzatuv quduqlarini aniqlash va xaritada chizish	300	15
3	Xaritada klasslar bo‘yicha ranglarga bo‘yash	60	10
4	Jadval ma‘lumotlarini kompyuterga tushirish	50	10
5	Xaritaga ishlov berish	30	10
	Jami	620	65

Texnologik va iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlarining taqqoslanishi

Sug'oriladigan yerlardagi tuman bo'yicha joylashgan 90 ta kuzatuv quduqi bo'yicha iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari		
Ko'rsatkichlar	Mavjud usul	Taklif etilayotgan usul
1. Vaqt unumdorligi	2 kun	0.5 kun
2. Ishchi kuchi	3 nafar	1 nafar
3. Aniqlik darajasi	60-70%	75-85%
4. Bir oydagi tashkilotga tushum	11 mln	30 mln
5. Yillik tushum	132 mln	360 mln

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, geoaxborot tizimlari qishloq xo'jaligi sohasida tezkor va yuqori aniqlikdagi tahlillarni amalga oshirish imkonini beradi. An'anaviy usullarga nisbatan GAT texnologiyalaridan foydalanish vaqtini sezilarli darajada tejaydi, ishchi kuchi va resurslarni optimallashtiradi. Natijada, iqtisodiy samaradorlik ortib, mahsulot tannarxi pasayadi.

Mazkur zamonaviy texnologiyalarni keng joriy etish qishloq xo'jaligi sohasida raqobatbardoshlikni oshirish uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, GAT texnologiyalari tuproq unumdorligini oshirish, suv resurslaridan oqilona foydalanish va agrotexnik tadbirlarning samaradorligini ta'minlashga yordam beradi. Bu texnologiyalarni kengroq tatbiq etish natijasida fermer xo'jaliklarining iqtisodiy barqarorligi va ishlab chiqarish quvvati yanada ortadi. Shu bilan birga, bu tizimlar qishloq xo'jaligida resurslarni samarali boshqarish va monitoring qilish imkonini beradi, bu esa umuman sohaning barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

FOYDALANILADIGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarish va irrigatsiya sektorini rivojlantirishning 2025-2028-yillarga mo‘ljallangan dasturini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Qarori, PQ-250-son, 15.08.2025-y.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori “Osiyo taraqqiyot banki ishtirokida iqlim texnologiyalari orqali suv resurslarini boshqarishni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”, PQ-81-son, 28.02.2025-y.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 07.12.2022-y. PQ-439-son “Yer osti suv resurslarini muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanishni tartibga solish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Qarori.
4. Белов К.В., Волошин В.Р., Черепанский М.М. Региональная гидрогеология: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2024. – 196 с.
5. Satheeshkumar S., Thirukumaran V., Karunanidhi D. (tahr.). Modern River Science for Watershed Management: GIS and Hydrogeological Application. Springer, Cham, 2024.
6. Ziegler B. Hydrogeology 101: Introduction to Groundwater Science and Engineering. Blue Ridge Press, 2024.
7. Uliana, M. M. Basic Hydrogeology: An Introduction to the Fundamentals of Groundwater Science. The Groundwater Project, 2024.
8. Rashidova R.K., Zuxurov Y.T. Gidrogeologiya: Darslik. – Navoiy, 2024. – 446 b.
9. Гладков Г.Л., Чалов Р.С., Беркович К.М. Гидроморфология русел судоходных рек. – СПб.: Лань, 2023. – 432 с.
10. Гледко Ю.А. Гидрогеология. – Минск: Высшая школа, 2012. – 448 с.
11. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. – М.: Высшая школа, 2007. – 463 с.
12. Chanson H. Environmental Hydraulics of Open Channel Flows. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004. – 634 p.
13. Арифжанов А.М., Фатхуллоев А.М. Динамика взвесенесущего потока в руслах. – Тошкент: Фан, 2014. – 124 с.
14. Kaletova T., Arifjanov A. Hydromechanika. – Nitra, 2019. – 160 p.
15. Boboxo‘jaev I.I., Uzoqov P.U. Tuproqshunoslik. – Toshkent: O‘qituvchi, 2005. – 321 b.

16. Арифжанов А.М., Фатхуллаев А.М., Самиев Л.Н., Хотамкулов Б. Русловые процессы в оросительных каналах // Актуальные проблемы естественных наук. – М., 2015. – С. 207–209.
17. Yusupov G.U., Xolbaev B.M. Geologiya va gidrogeologiya asoslari. – Toshkent, 2003. – 281 b.
18. Fatxulloyev A.M. Injenerlik gidrologiyasi: Darslik. – Toshkent: “TIQXMMI” MTU, 2021. – 304 b.
19. Шестаков В.М., Пашковский И.С., Сойфер А. М. Гидрогеологические исследования на орошаемых территориях. – М.: Недра, 1982. – 244 с.
20. Шестаков В.М. Гидрогеологические исследования в межгорных впадинах. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 151 с.
21. Хачикян В.С., Ярцев В.Н. и др. Рекомендации по определению потерь воды на фильтрации из оросительных каналов. – Ташкент, 1979.
22. Arifjanov A.M., Fatxullaev A.M., Samiev L.N. O‘zandagi jarayonlar va daryo cho‘kindilari: Monografiya. – Toshkent: Noshirlik yog‘dusi, 2017. – 191 b.
23. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. – М.: Горная книга, 2009. – 519 с.
24. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. – М.: МГУ, 1992. – 256 с.
25. Латипов К.Ш., Арифжанов А.М. О модели движения взвесенесущего потока в руслах // Проблемы механики. – Т., 1996. – № 6. – С. 51–54.
26. Никитин С.Н. Основы инженерной гидрологии рек. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1952 г.
27. Ковалев С.Г., Хабибуллин Р.Р., Лапиков В.В., Абдюкова Г.М. Общая геология с основами гидрогеологии и гидрологии. – Уфа, 2006 г.
28. Маринов Н.А. Гидрогеология Азии. – М.: Недра, 1974. – 576 с.
29. Никитин Р.М. Гидрогеологические исследования при оценке устойчивости оползневых склонов: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М.: МГУ, 1976 г.
30. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Н., Айтбаев Д.П. Гидрология асослари. – Тошкент: Университет, 2003. – 288 б.
31. Никитин Р.М. Опыт и результаты многолетних исследований кафедры гидрогеологии в Средней Азии // Гидрогеология сегодня и завтра: наука, образование, практика: материалы междунар. науч. конф. – М.: МАКС Пресс, 2013. – С. 157–161.

32. Никитин Р.М., В.М. Шестаков и среднеазиатский период работ кафедры гидрогеологии // Труды школы-семинара «Моделирование гидрогеологических процессов: от теоретических представлений до решения практических задач». – М.: МГУ, 2018. – 206 с.

33. Олиферова О.А. Опыт-но-фильтрационные опробования слоистых отложений предгорных шлейфов (на примере Чуйской впадины): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М.: МГУ, 1982 г.

34. Оролбаева Л.Э. Изучение потока подземных вод в постановке опыт-но-фильтрационных наблюдений в долине р. Чу (в пределах Киргизской части Чуйской межгорной впадины): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М.: МГУ, 1980 г.

35. Оролбаева Л.Э. Закономерности трансформации гидрогеосферы горных стран (на примере Тянь-Шаня и Памиро-Алая): дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – Бишкек, 2019 г.

36. Питева К.Е., Барановская Е.И. Гидрогеохимические условия грунтового водоносного комплекса артезианского бассейна Хэйхэ // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. – 2015. – № 2. – С. 106–115.

37. Поздняков С.П. Исследование процессов дренирования покровных отложений (на примере западной части Чуйской впадины): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М.: МГУ, 1984 г.

38. Поздняков С.П., Преображенская А.Е. Оценка эвапотранспирационной разгрузки подземных вод при помощи численного моделирования // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2009. – № 5. – С. 457–469.

39. Смагин А.В., Садовникова Н.В., Мизури М.Б. Определение основной гидрофизической характеристики почв методом центрифугирования // Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1362–1370.

40. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г. А., Василчук Ю.К., Зянгиоров Р.С. Грунтоведение. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1014 с.

41. Саифназаров И., Никитченко Г., Касимов Б. Методология научного творчества. – Т.: Янги аср, 2004. – 250 с.

42. Фролов Н.М. Гидрогеотермия. – М.: Недра, 2006. – 280 с.

43. Фролова Н.Л. Гидрология рек. Антропогенные изменения речного стока: учеб. пособие для акад. бакалавриата. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 115 с.
44. Фролова Н.Л., Болгов М.В. Об устойчивости уровня режима озера Далайнор (КНР) в результате реализации проекта переброски стока в трансграничном бассейне р. Аргун и его последствия для РФ // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий: риски их использования: сб. науч. тр. Всерос. науч. конф. – Калининград, 2011. – С. 432–443.
45. Хикматов Ф., Айтбаев Д., Аденбаев Б., Пирназаров Р. Гидрологияга кириш: дарслик. – Т.: ЎзМУ, 2017. – 250 б.
46. Tursunov U., Mukanov B., Rahimov A., Li Z. Irrigation suitability and interaction between surface water and groundwater influenced by agriculture activities in an arid plain of Central Asia // Agriculture. – 2024. – Vol. 15(15). – 1704.
47. Черепанский М.М. Региональные гидрогеологические прогнозы влияния отбора подземных вод на речной сток: дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – М., 2006 с.
48. Чулаевский В. Б. Применение геотермических методов для изучения фильтрационных потоков: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М., 1980 с.
49. Fatxulloyev A.M. et al. The hydraulic efficiency of the soil channels // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 883. – 012042.
50. Akiyama T., Sakai A., Yamazaki Y., Wang G., Fujita K., Nakawo M., Masayoshi A., Jurhpei A., Yuki G. Surface water–groundwater interaction in the Heihe River basin, Northwestern China // Bulletin of Glaciological Research. – 2007. – Vol. 24. – P. 87.
51. Anderson M P. Heat as a ground water tracer // Ground Water. – 2005. – Vol. 43, No. 6. – P. 951–968. doi:10.1111/j.1745-6584.2005.00052.x.
52. Fatxulloyev A.M., Hamroqulov J.S., Gʻaforova A.I. Sugʻoriladigan maydonlardagi yer osti suvlarining raqamli geofiltratsion modelini asoslash // Irrigatsiya va melioratsiya. – 2024. – № 1 (35).
53. Banta E.R. MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model: Documentation of Packages for Simulating Evapotranspiration with a Segmented Function (ETS1) and Drains with Return Flow (DRT1). – U.S. Geological Survey Open-File Report 00-466, 2000. – 127 p.

54. Bastola H., Peterson E.W. Heat tracing to examine seasonal groundwater flow beneath a low-gradient stream in rural central Illinois, USA // *Hydrogeology Journal*. – 2016. – Vol. 24, No. 1. – P. 181–194. doi:10.1007/s10040-015-1320-8.
55. Batlle-Aguilar J., Cook P.G. Transient infiltration from ephemeral streams: a field experiment at the reach scale // *Water Resources Research*. – 2012. – № 48. doi:10.1029/2012WR012009.
56. Fatxulloyev A., Hamroqulov J., Gafarova A. Estimation of the influence of discounting water on the results of calculation of the annual concentration and the volume of runoff of biogenous substances of the Pskem river // *E3S Web of Conferences*. – 2021. – Vol. 264. – Art. no. 03062. – CONMECHYDRO – 2021. doi:10.1051/e3sconf/202126403062.
57. Belcher W.R., Sweetkind D.S. Death Valley regional groundwater flow system, Nevada and California: hydrogeologic framework and transient groundwater flow model. – U.S. Geological Survey Professional Paper 1711. – 2010. – 398 p.
58. Bolgov M.V., Korobkina E.A., Frolova N.L. Hydrology and management of the terminal lakes in Central Asia // *Sustainable Development of Asian Countries, Water Resources and Biodiversity under Climate Change: Proc. of AASSA Regional Workshop*. – Barnaul, 2013. – P. 119–127.
59. Brunner P., Cook P.G., Simmons C.T. Hydrogeologic controls on disconnection between surface water and groundwater // *Water Resources Research*. – 2009. – Vol. 45, No. 1. doi:10.1029/2008WR006953.
60. Fatxulloyev, A., Hamroqulov, J., Gafarova, A. (2024). Assessment of influence of groundwater dynamics on meliorative condition of irrigated territories on base of GIS: Case study of Karasuv river basin. *AIP Conference Proceedings*, 3256(1), 020064. <https://doi.org/10.1063/5.0164201>
61. Brunner P., Therrien R., Renard P., Simmons C.T., Franssen H.J.H. Advances in understanding river-groundwater interactions // *Reviews of Geophysics*. – 2017. – Vol. 55, No. 3. – P. 818–854. doi:10.1002/2017RG000556.
62. Caissie D., Luce C.H. Quantifying streambed advection and conduction heat fluxes // *Water Resources Research*. – 2017. – Vol. 53, No. 2. – P. 1595–1624. doi:10.1002/2016WR019813.
63. Fatxulloev, A. M., Hamroqulov, J. S. (2023). Daryo va sugʻorish usullari taʼsirini hisobga olgan holda yer osti suvlarining sathining oʻzgarishini baholash. *AGRO ILM*, 3(111), 100-101.

64. Chen X. Streambed hydraulic conductivity for rivers in south-central Nebraska // *Journal of the American Water Resources Association*. – 2004. – Vol. 40, No. 3. – P. 561–573. doi:10.1111/j.1752-1688.2004.tb04443.x.
65. Chen X., Song J., Wang W. Spatial variability of specific yield and vertical hydraulic conductivity in a highly permeable alluvial aquifer // *Journal of Hydrology*. – 2010. – Vol. 388, No. 3–4. – P. 379–388.
66. Chen Z., Nie Z., Zhang H., Cheng X., He M. Groundwater renewability based on groundwater ages in the Heihe valley alluvial basin, Northwestern China // *Acta Geologica Sinica*. – 2004. – Vol. 4. – P. 560–567.
67. Chen Z., Nie Z., Zhang G., Wan L., Shen J. Environmental isotopic study on the recharge and residence time of groundwater in the Heihe River Basin, northwestern China // *Hydrogeology Journal*. – 2006. – Vol. 14, No. 8. – P. 1635–1651. doi:10.1007/s10040-006-0075-7.
68. Fatxulloyev A., Gafarova A., Hamroqulov J. Experimental studies of determining the discharge coefficient of hydrogates // *E3S Web of Conferences*. – 2021. – Vol. 264. – Art. no. 03050. – CONMECHYDRO – 2021. doi:10.1051/e3sconf/202126403050.
69. Pan X., Wang W., Liu T., Ling Y., Akmalov Sh. Quantitative detection and attribution of groundwater level variations in the Amu Darya Delta // *Water (Switzerland)*. – 2020. – Vol. 12, No. 10. – P. 1–20. – Art. no. 2869. doi:10.3390/w12102869.
70. Guo C., Liu T., Huang Y., Niu Y., Li Z., Wang Z., Zan Ch., Akmalov Sh., Duan Y., Guo F. Spatial and temporal evolution characteristics and sustainability analysis of groundwater in a typical inland river oasis irrigation area // *Ecological Indicators*. – 2022. – Vol. 139. – Art. no. 108898.
71. Fatxulloyev A., Gafarova A., Hamroqulov J. Improvement of water accounting for irrigation systems // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2021. – Vol. 1030. – Art. no. 012145. doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012145.
72. Solomon S., Quiel F. Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea // *Hydrogeology Journal*. – 2006. – Vol. 14, No. 6. – P. 1029–1041.
73. Sokolov V.I. Vodnoe xozyaystvo Uzbekistana – nastoyashchee, proshloe, budushchee. – Tashkent, 2015. – T. 1. – 16 s. (in Russian).

74. Saraf A.K., Choudhury P.R. Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites // International Journal of Remote Sensing. – 1998. Vol. 19, No. 10. – P. 25-41.

75. Qulmatov R.A., Mirzaev J.A., Odilov S.A., Alimov A.X., Indaminova Z.A. Sugʻoriladigan maydonlarda yer osti yer osti suvlari sathi va minerallashuvini GAT texnologiyalari yordamida aniqlash va baholash (Qoraqalpogʻiston Respublikasi Xoʻjayli tumani misolida) // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2023. – Vol. 3, No. 7.

76. Fatxulloyev, A. M., Hamroqulov, J. S., Nazaraliyev, D. V., Gafarova, A. I. (2025). The impact of open irrigation networks on groundwater in arid regions: Current challenges and solutions. In The conference dedicated to the 90th anniversary of the “TIAME” National Research University, International Scientific Conference 2025 (Vol. 1, No. 6, pp. 233-251).

77. Kulmatov R., Odilov S., Khasanov S. Evaluation of the spatial and temporal changes in groundwater level and mineralization in agricultural lands under climate change in the Syrdarya province (Uzbekistan) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 614.

78. Sander P. Remote sensing and GIS for groundwater assessment in hard rocks: applications to water well siting in Ghana and Botswana. – PhD dissertation. – Chalmers University of Technology, Sweden, 1996. – 80 p.

79. Toderich K., Shoaib I. Extent of salt-affected land in Central Asia: biosaline agriculture and utilization of the salt-affected resources // Kier Discussion Paper Series. – Kyoto Institute of Economic Research, 2008 y.

80. Kulmatov R., Groll M., Rasulov A., Soliev I., Romic M. Status quo and present challenges of the sustainable use and management of water and land resources in Central Asian irrigation zones – The example of the Navoi region (Uzbekistan) // Quaternary International. – 2018. – Vol. 464. – P. 396–410.

81. Gorji T., Tanik A., Sertel E. Soil salinity prediction, monitoring and mapping using modern technologies // Procedia Earth and Planetary Science. – 2015. – Vol. 15. – P. 507–512.

82. Ibrakhimov M. Spatial and temporal dynamics of groundwater table and salinity in Khorezm (Aral Sea Basin), Uzbekistan. – Göttingen: Cuvillier Verlag, 2004. – 186 p.

83. Arifjanov A.M., Samiev L.N., Akmalov Sh.B., Atakulov D.E., Yurik L. Landsat OLI ning SWIR va NIR tasvirlari orqali irrigatsiya tizimlarining uzanini

geoaxborot tizimlari orqali o'rganish // Irrigatsiya va melioratsiya jurnali. – Toshkent, 2019. – T. 1, № 15. – B. 43–47.

84. Fatxulloyev, A., Hamroqulov, J. (2025). Hydrogeological analysis of groundwater filtration discharge in the Karasuv river basin. Conference of Modern Science & Pedagogy, 1(2), 199-206.

85. Концевовский С.Я., Минкин Е.Л. Ресурсы подземных вод в водохозяйственных балансах орошаемых территорий. — М.: Наука, 1986. — 187 с.

86. Шелутко В.А., Назаралиев Д.В., Хамрокулов Ж.С., Исмоилов Ш.И. Анализ связи стока биогенов с осадками и температурой воздуха по реке Пскем // Ўзбекистон қишлоқ ва сув хўжалиги журналі. — 2023. — №1 (Махсус сон). — С. 78–79.

87. Гаттенбергер Ю.П. Гидрогеология и гидродинамика подземных вод. — М.: Недра, 1971. — 184 с.

88. Марсикано К., Гарднер Б., Филлипс Б., Стюарт К. Android программирование для профессионалов. 4-е изд. - СПб.: Питер, 2021. - 704 с.

89. Фисун Н.В., Ленченко Н.Н. Динамика подземных вод: краткий курс лекций и лабораторных практикумов. — М.: Научный мир, 2016. - 268 с.

90. Всевожский В.А. Основы гидрогеологии. — М.: Изд-во МГУ, Москва, 2007. - 448 с.

91. Kirby J.M., Mainuddin M., Mpelasoka F., Ahmad M.D., Palash W., Quadir M.E., Shah-Newaz S.M., Hossain M.M. The impact of irrigation development on regional groundwater resources in Bangladesh // Agricultural Water Management Journal. Climatic Change. — 2016. — Vol. 135. — P. 481–491. DOI: 10.1007/s10584-016-1597-1

92. Unger-Shayesteh K., Vorogushyn S., Farinotti D., Gafurov A., Duethmann D., Mandychev A., Merz B. What do we know about past changes in the water cycle of Central Asian headwaters? A review // Global and Planetary Change. — 2013. — Vol. 110. — P. 4–25.

93. Reyer C.P.O., Otto I.M., Adams S., Albrecht T., Baarsch F., Carlsburg M., Coumou D., Eden A., Ludi E., Marcus R., et al. Climate change impacts in Central Asia and their implications for development // Regional Environmental Change. — 2017. — Vol. 17. — P. 1639–1650.

94. Назаралиев Д.В., Хамрокулов Ж.С., Исмоилов Ш.И. Анализ корреляционных взаимозависимостей между расходом реки и аммонийным

азотом в воде реки Чирчик // *Geographic sciences. Colloquium-journal*. — 2023. — №11 (170), Ч.1. — С. 4–10.

95. Jie J., Tianjun Z., Xiaolong C., Lixia Z. Future changes in precipitation over Central Asia based on CMIP6 projections // *Environmental Research Letters*. — 2020. — Vol. 15. — 054009.

96. Chub V.E., Spectorman T.Y. Climate Trends in Uzbekistan // *Climate Change, Reasons, Impacts and Response Measures*. — Tashkent, 2016. — С. 5–16.

97. Юсупов Г.У., Кувватов Д.А. Гидрогеология - Мелиоратив гидрогеология. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ЎзГидромет, 2015 й. - 229 с.

98. Tabari H., Talaee P. Analysis of trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran // *Global and Planetary Change*. — 2011. — Vol. 79. — P. 1–10. [CrossRef]

99. Lee J., Jung C., Kim S., Kim S. Assessment of Climate Change Impact on Future Groundwater-Level Behavior Using SWAT Groundwater-Consumption Function in Geum River Basin of South Korea // *Water*. — 2019. — Vol. 11. — P. 949. [CrossRef]

100. Chung I.-M., Kim J., Lee J., Chang S.W. Status of Exploitable Groundwater Estimations in Korea // *Journal of Engineering Geology*. — 2015. — Vol. 25. — P. 403–412. [CrossRef]

101. Hamidov A., Helming K., Balla D. Impact of agricultural land use in Central Asia: A review // *Agronomy for Sustainable Development*. — 2016. — Vol. 36. — P. 6. [CrossRef]

102. Nazaraliev D.V., Mkhanna Aaed, Hamroqulov J.S., Shoergashova Sh.Sh., Ismoilov Sh.I. Uzbekistan on the territory flood flows and their causes it to come out // *Scientific and Technical Journal “Sustainable Agriculture”*. — 2023. — №2 (18). — P. 45–46.

103. Konovalova N.V., Korobov V.B., Vasiliev L.Y. Interpolation of climate data using GIS technology // *Meteorology and Hydrology*. — 2006. — Vol. 5. — P. 46–53.

104. Ostrovsky V.N. Comparative analysis of groundwater formation in arid and super-arid deserts (with examples from Central Asia and Northeastern Arabian Peninsula) // *Hydrogeology Journal*. — 2007. — Vol. 15. — P. 759–771.

105. McPherson T. *Hydrogeology: Principles and Applications*. — Syrawood Publishing House, 2022. — 211 p.

106. Tóth J. Gravitational Systems of Groundwater Flow. — Cambridge University Press, 2009. — University of Alberta. DOI: 10.1017/CBO9780511576546
107. Healy R.W. Estimating Groundwater Recharge. — Cambridge University Press, 2013. — United States Geological Survey. DOI: 10.1017/CBO9780511780745
108. Юсупов Г.У., Ҳамроқулов Ж.С. Суғориладиган майдонларда тарқалган сизот ва осма сизот сувлари ва уларни ерларнинг мелиоратив ҳолатига таъсири // Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари мавзусидаги анъанавий XVI - ёш олимлар, магистрантлар ва иқтидорли талабаларнинг илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами. — Тошкент, ТИМИ, 2017. - С. 120–123.
109. Ҳамроқулов Ж.С., Ражабов А.А., Хазратқулова С.И., Рустамова Г.И. Суғориладиган ерларнинг гидрогеологик - мелиоратив шароитини баҳолаш (Бухоро воҳаси мисолида) // Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари мавзусидаги анъанавий XXII - ёш олимлар, магистрантлар ва иқтидорли талабаларнинг илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами. — Тошкент, ТИҚХММИ МТУ, 2023. — С. 393–396.
110. Икромов Р.К., Бараев Ф.А., Юсупов Г.У., Каримова Н.М. Суғориладиган ерларнинг мелиоратив мониторинги ва кадастри. — Тошкент, ТИМИ, 2006. — 150 с.
111. Юсупов Г.У., Қувватов Д.А. Гидрогеология - мелиоратив кузатувлар ва мелиоратив кадастр: Ўқув қўлланма. — Тошкент, ЎзГидромет, 2015 й. - 230 с.
112. Kumar V. Optimal contour mapping of groundwater levels using universal kriging – a case study // Hydrological Sciences Journal. – 2007. – Vol. 52(5). – P. 1038–1050.
113. Boufekane A., Saighi O. Kriging Method of Study of the Groundwater Quality Used for Irrigation – Case of Wadi Djendjen Plain (North-East Algeria) // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 8(1). – P. 118–128.
114. Hantush, M. S. (2000). Growth and decay of groundwater mounds in response to uniform percolation. Water Resources Research, 3(1), 227–234.
115. Hillel, D. (2001). Environmental Soil Physics. Academic Press, San Diego.
116. Nilson, J. (2004). Groundwater Dams for Small-Scale Water Supply. IT Publications, London.
117. Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. Water Resources Research, 44(7), W00E04.

118. Anderson, M. P., & Woessner, W. W. (2002). Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press.
119. Tu, C., Wang, W., Wang, W., Huang, F., Gao, M., Liu, Y., Gong, P., Yao, Y. Irrigation Suitability and Interaction Between Surface Water and Groundwater Influenced by Agriculture Activities in an Arid Plain of Central Asia // Agriculture (Switzerland). – 2025. – Vol. 15, No. 15. p. 1704.
120. Fatxulloyev, A., Hamroqulov, J. (2025). Sugʻoriladigan maydonlarda yer osti suvlarining tarqalishini GAT asosida raqamli xaritalashtirish. Models and Methods for Increasing the Efficiency of Innovative Research, 4(45), 270–273.
121. Belkhiri, L., Tiri, A., Mouni, L. Spatial distribution of the groundwater quality using kriging and Co-kriging interpolations // Groundwater for Sustainable Development. – 2020. – Vol. 11. p. 100473
122. Sophocleous M. Modeling surface water-groundwater interaction in arid and semi-arid regions with intensive agriculture // Environmental Modelling & Software. – 2015. – Vol. 69. – P. 39–57.
123. Morita M., Yen B.C. A linked surface water-groundwater modelling approach to more realistically simulate rainfall-runoff non-stationarity in semi-arid regions // Journal of Hydrology. – 2019. – Vol. 576. – P. 205–218.

MUNDARIJA

KIRISH.....	5
I- YER OSTI SUVLARINING SHAKLLANISHI VA ULARGA	
BOB TA'SIR ETUVCHI OMILLAR BO'YICHA NAZARIY VA	
AMALIY TADQIQOTLARNING HOZIRGI HOLATI.....	7
1.1-§. Yer osti suvlari shakllanishi va ularga ta'sir etuvchi omillar	
bo'yicha tadqiqotlarning hozirgi holati.....	7
1.2-§. Sug'oriladigan hududlarda yer osti suvlari rejimini o'rganishga	
doir tadqiqotlar tahlili.....	9
1.3-§. Yer osti suvlarini baholash va modellashtirishda zamonaviy	
yondashuvlar.....	11
1.4-§. Geoaxborot va masofaviy zondlash texnologiyalarining yer osti	
suvleri tadqiqotlaridagi o'rni.....	14
II- TADQIQOT HUDUDINING TABIIY VA GIDROGEOLOGIK	
BOB SHAROITLARI.....	19
2.1-§. Tadqiqot hududining tabiiy-geografik tavsifi.....	19
2.2-§. Havzaning gidrologik xususiyatlari.....	21
2.3-§. Tadqiqot hududining iqlim sharoitlari.....	23
2.4-§. Tadqiqot hududining geologik va gidrogeologik tuzilishi va	
shakllanishi.....	25
2.5-§. Tadqiqot hududining tuproq sharoiti va tahlili.....	30
III- GEOSTATISTIK VA INTERPOLATSIYA USULLARI	
BOB YORDAMIDA YER OSTI SUV SATHINING DINAMIKASINI	
BAHOLASH.....	33
3.1-§. GAT va fazoviy tahlil vositalari yordamida yer osti suvlarining	
dinamikasini baholash.....	33
3.2-§. Yer osti suvlari dinamikasini zamonaviy monitoring va	
geoaxborot texnologiyalari asosida tahlil qilish.....	37
3.3-§. Yer osti suvlari sathini ArcGIS muhitida IDW interpolatsiya	
usulida baholash.....	43
3.4-§. Sug'oriladigan maydonlardagi yer osti suvlari sathi dinamikasini	
Kriging usulida baholash.....	45
3.5-§. Geostatistik interpolatsiya natijalarining ishonchliligini asoslash...	53
IV- YER OSTI SUVLARI DINAMIKASINI RAQAMLI	
BOB TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA BAHOLASH.....	57
4.1-§. Raqamli modellashtirish asosida yer osti suvlarining dinamikasini	
baholash metodologiyasi.....	57
4.2-§. Mobil platformalar yordamida yer osti suvlarining dinamikasini	
uzluksiz monitoring qilish tizimini takomillashtirish.....	62
4.3-§. Yer osti suvlarini monitoring qilish jarayonida geoaxborot	
texnologiyalarining iqtisodiy samaradorligini baholash.....	66
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	69

Fatxulloyev Alisher Mirzotilloevich
Hamroqulov Jasurjon Sayli o'g'li

YER OSTI SUVLARI DINAMIKASINI GAT ASOSIDA
BAHOLASHNI TAKOMILLASHTIRISH

MONOGRAFIYA

Mas'ul muharrir: t.f.d. prof. F.Gapparov

Muharrir: M.Mustafayeva

Bosishga ruxsat etildi: 28.03.2026 y. Qog'oz o'lchami: 60x84 - 1/16
Hajmi: 5,25 bosma taboq. 50 nusxa. Buyurtma № 0075
"TIQXMMI" MTU bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent-100000. Qori-Niyoziy ko'chasi 39 uy.

BELGI UCHUN

ISBN 978-991085920-5

