

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI  
NUKUS FILIALI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PHD.13/05.05.2023.T.162.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT AXBOROT  
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI NUKUS FILIALI**

**AXRALOV SHAVKAT SULAYMONOVICH**

**YER OSTI GIDROSFERASINING AVTOMATLASHTIRILGAN  
MONITORINGI ASOSIDA GEOMIGRATSIYA JARAYONLARINING  
MODELINI ISHLAB CHIQISH**

**05.01.10 – Axborot olish tizimlari va jarayonlari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Nukus 2024**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Axralov Shavkat Sulaymonovich**

Yer osti gidrosferasini avtomatlashtirilgan monitoringi asosida geomigratsiya jarayonlarining modelini ishlab chiqish .....3

**Ахралов Шавкат Сулаймонович**

Разработка модели геомиграционных процессов на основе автоматизированного мониторинга подземной гидросферы .....21

**Ahralov Shavkat Sulaymonovich**

Development of a model of geomigration processes based on automated monitoring of the underground hydrosphere .....41

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....44

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT AXBOROT  
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI NUKUS FILIALI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PHD.13/05.05.2023.T.162.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI NUKUS  
FILIALI**

**AXRALOV SHAVKAT SULAYMONOVICH**

**YER OSTI GIDROSFERASINING AVTOMATLASHTIRILGAN  
MONITORINGI ASOSIDA GEOMIGRATSIYA JARAYONLARINING  
MODELINI ISHLAB CHIQISH**

**05.01.10 – Axborot olish tizimlari va jarayonlari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Nukus 2024**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2019.4.PhD/T1427 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb sahifasida ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) va "Ziyonet" axborot-ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Djumanov Jamoljon Xudayqulovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Yakubov Maqsadxon Sultaniyozovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Elov Botir Boltayevich**  
texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent

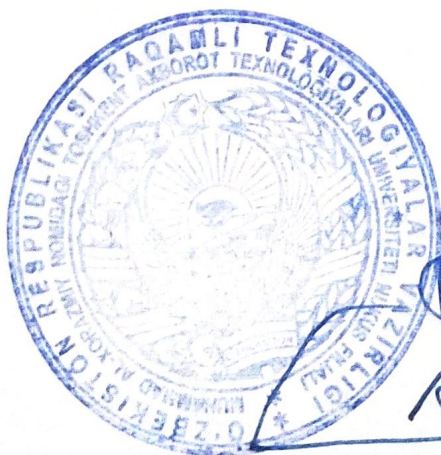
**Yetakchi tashkilot:**

**Buxoro muxandislik texnologiyalari inistituti**

Dissertatsiya himoyasi Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Nukus filiali huzuridagi Phd.13/05.05.2023.T.162.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024-yil 26 iyul da soat 16 da majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 230103, Nukus shahri, A. Dosnazarov ko'chasi. 74-uy. Tel.: (99861) 222 49 10; e-mail: [tatunf@tatunf.uz](mailto:tatunf@tatunf.uz)).

Dissertatsiya bilan Toshkent axborot texnologiyalari universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (2 raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 230103, Nukus shahri, A. Dosnazarov ko'chasi. 74-uy. Tel.: (99861) 222 49 10.

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil "15" iyul kuni tarqatildi.  
(2024-yil "12" iyul da 2 raqamli reestr bayonnomasi).



*B.T. Kaipbergenov*

**B.T. Kaipbergenov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash raisi,  
texnika fanlari doktori, professor

**R.I. Oteniyazov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
texnika fanlari doktori, professor

**K.K. Seitnazarov**  
Ilmiy kengash huzuridagi  
ilmiy seminar raisi,  
texnika fanlari doktori professor

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda axborot tizimlar, matematik usullar va zamonaviy qurilma - dasturiy ta'minotlar asosida ma'lumotlar yig'ish, saqlash, ishlov berish, uzatish va taqdim etish jarayonlarini, xususan, tog'-kon sanoati geologiyasi monitoringini yuritish, yer osti suvlari holati, harorati va sathi o'zgarishi bilan minerallasuvi darajasiga hamda ichimlik suviga doir masalalarga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda jumladan, AQSH, Kanada, Yaponiya, Angliya, Daniya, Fransiya, Germaniya, Niderlandiya, Xitoy, Koreya, Rossiya Federatsiyasi, Hindiston va boshqa mamlakatlarda suv resurslarini boshqarish jarayonlarini mukammal tadqiq qilish uchun axborot tahliliy tizimlar, matematik modellar va hisoblash algoritmlarini amaliyotga joriy qilish belgilangan. Bu borada, jumladan, yer osti gidrosferesini avtomatlashgan monitoringini yuritish, ma'lumotlar oqimiga ishlov berish va boshqarish, vaqt bo'yicha yer osti suvi harakati qonuniyatlarini aniqlash tizimi, algoritmlari va dasturiy vositalarini yaratishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda suv resurslarini katta hajmli ma'lumotlar oqimi sifatida o'rganish, yer osti suvlari xarakati va gidrogeologik jarayonlarni suv resurslarining hududiy taqsimlanishidagi ulushini kompyuter tarmoqlari va intellektual axborot tizimlar asosida baholash bo'yicha muhim ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, yer osti suvlari sathi, harorati va sifat darajalarining o'zgarishi bo'yicha monitoring yuritish, axborot tahlil tizimlari asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tadqiqotlari ustuvor hisoblanmoqda. Bu borada axborot almashinuvining uzluksizligini ta'minlash, geofiltratsiya va geomigratsiya jarayonlarini modellashtirish, hisoblash algoritmlarini va axborot ta'minoti hamda dasturiy vositalarini ishlab chiqish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishga doir yangi axborot tizimlarni yaratish bo'yicha tadqiqotlar o'tkazish va ularni joriy etish bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»<sup>1</sup> PF-60-son farmonida, jumladan "...milliy iqtisodiyotni jadal rivojlantirish va yuqori o'sish sur'atini ta'minlash, zamonaviy texnologiyalarini keng joriy etgan holda axborot tahlil tizimini yo'lga qo'yish hamda ilmiy tadqiqot natijalarini amaliyotga tatbiq etish" vazifalari berilgan. Xususan, istiqbolli yer osti suvi konlarini aniqlashda, yer osti suv resurslari axborot tizimi va geoaxborot modellarini yaratish hamda amaliyotga joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda tabiiy va texnogen tizimlarning gidrorejim omillari va gidrogeologik sharoitlarini tavsiflovchi geofiltratsiya jarayonlarining matematik modeli va geoaxborot tuzilmasini yaratish, axborot ta'minoti va boshqaruv jarayonlarini tahlil qilish, qaror qabul qilish faoliyatini qo'llab-quvvatlash usullarini hamda dasturiy vositalarini ishlab chiqish muhim hisoblanadi.

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 9 oktabrdagi “Suv resurslarini boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” PQ-4486-son qarori va 2020 yil 10 iyuldagi «O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida»gi PF-6024-son farmonlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilan vazifalarni amalga oshirishga ushbu tadqiqot muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yonalishlarga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV – «Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» hamda VIII – «Yer haqidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xomashyoni qayta ishlash)» kabi ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi<sup>2</sup>.** Yer osti suvlari monitoringi, axborot-tahlil dasturiy ta‘minotidan foydalanishning yangi yondashuvlari, axborotlarni boshqarish nazariyasi va amaliyotini rivojlantirish bo‘yicha chora-tadbirlarni amalga oshirishni, ayniqsa, qatiymas to‘plamlar va graflar nazariyasi asosida qaror qabul qilish siklining vaqtini qisqartirish orqali boshqaruv samaradorligini oshirish yo‘llarini tadqiq qilindi. Axborot tahlil tizimlari sohasida L.Zade, T.Saati, M.Kristofer, R.Bellman, V.S.Lukinskiy, A.A.Sorokin, D.Uoters, M.Svami, D.A.Ivanov, I.K.Gavich, F.M.Bochever, va boshqalar, geografik axborot tizimlari va texnologiyalarini ishlab chiqish va qo‘llash sohasida V.G.Bondur, A.M.Berlyant, V.S.Tikunov, K.Kahskarev, A.D.Ivannikov, V.Ya.Tsvetkov va boshqalar hamda monitoringda intellektual tizimlar sohasida S.Pospelov, G.S.Osipov, T.A.Gavrilova shuningdek, boshqa bir qator xorijiy olimlar tadqiqotlarida ko‘rib chiqilgan.

O‘zbekistonda yer osti suvi monitoringi axborot tizimlari, yani gidrogeologik jarayonlarini modeli, intellektual ko‘p bosqichli boshqaruv komplekslari, jumladan, avtomatlashtirilgan monitoring asosida tashkil etilgan bo‘lib, ular tezkor axborot almashinuvining uzluksizligini ta‘minlash va tunu kun kuzatuv masalalarini samarali hal etishni N.N.Xojibayev, U.U.Umarov, F.B.Abutaliyev, T.F.Bekmuradov, I.Habibullayev, R.N.Usmonov, J.Djumanov, V.N.Sokolov, A.A.Mavlonov, V.S.Sheglov, I.N.Gracheva, A.Ergashev kabi olimlar tadqiq qilganlar hamda salmoqli ilmiy natijalarga erishgan.

Sohaga oid tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, monitoring tizimini takomillashtirish dasturiy ta‘minotini, axborot jarayonlarini tavsiflashning o‘ziga xos xususiyatlari, xususan, yagona makonda axborot jarayonlarining tegishli modellarini yaratish hisobga olinmagan. Suv resurslari, jumladan: yer osti va yer usti suvlari minerallasuvi miqdoriining o‘zgarishi jarayonlari, ichimlik suvi manbaini yer osti suvlari zaxiralari o‘zgarishini baholash bilan bog‘liq holda har tomonlama tadqiq etish masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan.

---

<sup>2</sup>Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar sharhi <https://www.scopus.com>, <https://www.elsevier.com>, <https://www.researchgate.net>, <http://www.usgs.gov>, <https://www.msu.ru>, va boshqa manbalar asosida shakllantirilgan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqotlari Toshkent axborot texnologiyalari universitetining ilmiy tadqiqot ishlari rejasining № ББ-Атех-2018 (399+487) "Gidrogeologik jarayonlarni uch o'lchamli modellarini tuzish va ikki komponentli muhitda diffusion jarayonlarni sonli modellashtirish uchun amaliy dasturiy paketlar yaratish" (2018-2019), № И-АТ-2021-493 "Yer osti suvlarining sathini, haroratini va elektr o'tkazuvchanligini masofadan aniqlovchi innovatsion uskuna yaratish" mavzularidagi loyihalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqot ishining maqsadi** yer osti gidrosferesining avtomatlashgan monitoringi samaradorligini oshirishda geomigratsiya jarayonlarining modelini va axborot-tahlil tizimlarini ishlab chiqishdan iboratdir.

**Tadqiqot ishining asosiy vazifalari:**

gidrogeologik monitoringni yuritishda axborot oqimlari modelini qurish jarayonini va avtomatlashtirilgan o'lchov usullari asosida yer osti suvlari o'zgarishi holatini aniqlash axborot-tahlil tizimlarini o'rganish;

yer osti suvi konlarining shakillanishi, suv sathi va sifat o'zgarishi nazariyasiga asoslangan holda tabiiy tizimlar monitoring jarayonlarining matematik modeli va geoaxborot tuzilmasini ishlab chiqish;

yer osti suvi konlarini istiqbolligini o'rganishda gidrogeologik tizimlar geofiltratsiya va geomigratsiya jarayonlarini matematik modeli, yechish algoritmlari hamda dasturiy vositalarini ishlab chiqish;

gidrogeologiya va muhandislik geologiyasi tizimlarning axborot ta'minoti va axborot boshqaruv jarayonlarini tahlil qilish, boshqaruv faoliyatini qo'llab-quvvatlash usullarini ishlab chiqish hamda monitoring faoliyatining axborot almashinuvi infratuzilishini yaratish (Ohangaron yer osti suvi koni misolida).

**Tadqiqot ishining obyekti** sifatida yer osti suvlari monitoring jarayonlari va tog'-kon sanoat geologiyasi va gidrogeologik axborot tizimlari olingan.

**Tadqiqot ishining predmeti** yer osti suvlarining avtomatlashtirilgan o'lchov monitoring jarayonlarini takomillashtirishda axborot tizimlarini yaratish usullari, modellari va algoritmlari hamda dasturiy vositalari hisoblanadi.

**Tadqiqot usullari.** Tadqiqot jarayonida axborot tizimlari va modellari nazariyasi, tashkiliy tizimlarni boshqarish nazariyasi, gidrogeologik rejim ma'lumotlarini tizimli tahlili, avtomatlashgan o'lchov monitoringi, hisoblash matematikasi, modellashtirish va hisob-eksperiment usullari, shuningdek, dasturiy modullarni loyihalash va axborot tizimiga integratsiya qilish, real axborot massivlari bo'yicha dasturiy vosita yaratishda obyektga yo'naltirilgan dasturlash texnologiyalaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

gidrogeologik monitoring yuritishda axborot oqimlari modeli va avtomatlashtirilgan o'lchov asosida yer osti suvlari holatining o'zgarishini aniqlash usuli ishlab chiqilgan;

tabiiy va texnogen tizimlarning gidrorejim omillari asosida gidrogeologik sharoitlarini tavsiflovchi monitoring jarayonlarining matematik modeli hamda geoaxborot tuzilmasi ishlab chiqilgan;

yer osti suvi konlarini istiqbolligini asoslashda gidrogeologik tizimlarning geofiltratsiya va geomigratsiya jarayonlarini matematik modeli, sonli yechish algoritmlari hamda dasturiy vositasi ishlab chiqilgan;

gidrogeologiya va muhandislik geologiyasi tizimlarining axborot ta'minoti, axborot resurslarini boshqaruvi jarayonlarini tahlil qilish hamda qaror qabul qilish faoliyatini qo'llab-quvvatlash usullari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

gidrogeologik monitoring yuritilishida yer osti suvi konlarini geofiltratsiya jarayonlari va gidrorejim tashkil etuvchi elementlarining axborot tizimlari hamda dasturiy vositalari ishlab chiqilgan;

o'zgargan gidrogeologik sharoitlarni hisobga olgan holda suv tutuvchi qatlamda yer osti suvlari sathi va minerallashuvi darajasi o'zgarishlarini axborot-tahlil tizimi va bashorat qilish uchun dasturiy majmuasi ishlab chiqilgan;

gidrogeologik tizimlarning geofiltratsiya va geomigratsiya jarayonlarini matematik modeli, sonli yechish algoritmlari va dasturiy majmuasi asosida yer osti suvlari axborot tizimi yaratilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Gidrogeologik monitoring ma'lumotlari muntazam ravishda olinishi, aniqligi va to'liqligini axborot tizimida foydalanilgan matematik ifodalar va gidrogeologik shartlarning geofiltratsiya jarayonlari qonuniga qat'iy mosligi hamda ma'lumotlar an'anaviy usullar hisobiy va tajribaviy natijalarning o'zaro muvofiqligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ishlab chiqilgan axborot tizimi va monitoring jarayonlari modeli yer osti suvlari sathi va sifati o'zgarishida sodir bo'layotgan hodisalar o'rtasidagi qonuniyatlar, tendensiyalar va munosabatlarni hisoblash nazariyasi va amaliyoti rivojiga qo'shgan hissasi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati yaratilgan axborot tizimlari va o'lchov faoliyatini avtomatlashtirish jarayonlari dasturiy majmuasi bilan muntazam geofiltratsiya jarayonlarini bashorat qilish, hisoblash vaqtini va suv resurslardan foydalanishni mukammallashtirish masalalarini hal qilish bilan asoslanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Yer osti gidrosferasini avtomatlashgan monitoring asosida geomigratsiya jarayonlarini modellashtirish va samarali sonli hisoblash algoritmlari bo'yicha olingan natijalar asosida:

gidrogeologik monitoringni yuritishda axborot oqimlari modeli, avtomatlashtirilgan o'lchov asosida yer osti suvlari holatining o'zgarishini aniqlash usuli va gidrogeologik shart-sharoitlarini tavsiflovchi geofiltratsiya jarayonlarining matematik modeli va geoaxborot tuzilmasi O'zbekiston Respublikasi Geologiya va mineral resurslar Davlat qo'mitasi "O'zbekgidrogeologiya" Davlat unitar korxonasi Ohangaron gidrogeologik stansiyasida joriy etilgan (Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarni rivojlantirish vazirligining 2022 yil 5 fevral 03-8/17-son ma'lumotnomasi). Natijada yerosti suvi sathi va minerallashuvining o'zgarishini bashoratlash hamda muhandislik hisoblarini o'tkazishga ketadigan vaqt va mehnat sarfini 4-6% ga qisqartirish imkonini bergan;

yer osti suvi konlarini istiqbolligini asoslashda gidrogeologik tizimlarning geofiltratsiya va geomigratsiya jarayonlarini matematik modeli, sonli yechish



algoritmлари hamda gidrogeologiya va muhandislik geologiyasi tizimlarining axborot ta'minoti, axborot resurslarini boshqaruvi jarayonlarini tahlil qilish, qaror qabul qilish faoliyatini qo'llab-quvvatlash usullari O'zbekiston Respublikasi Geologiya va mineral resurslar Davlat qo'mitasi "O'zbekgidrogeologiya" Davlat unitar korxonasi Ohangaron gidrogeologik stansiyasida joriy etilgan (Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarni rivojlantirish vazirligining 2022 yil 5 fevral 03-8/17-son ma'lumotnomasi). Natijada geomigratsiya jarayonida yer osti suvlari sifati o'zgarishi baholangan hamda muhandislik hisoblarida vaqt va mehnat sarfini 0,12 marta qisqartirish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Ushbu tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 9 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokama qilindi.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Tadqiqot mavzusi buyicha 25 ta ilmiy ish chop etilgan. Shundan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarida 10 ta ilmiy maqola, jumladan 2 ta xorijiy va 8 ta respublika nashrlarida chop etilgan hamda 2 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalariga qayd qilish guvohnomalari olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan tashkil topib, 120 betdan iboratdir.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Dissertatsiyaning kirish qismida** dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriylik darajasi asoslab berilgan, maqsad va vazifalar shakllantirilgan, tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo'nalishiga mosligi belgilangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari ko'rsatib o'tilgan, olingan natijalarning haqqoniyligi asoslab berilgan, natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga tadbiiq etilishi ro'yxati, ishni sinov natijalari, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **"Yer osti gidrosferasini avtomatlashgan monitoringi va axborot jarayonlari"** deb nomlangan birinchi bobida jahonda va respublikamiz miqyosida gidrogeologik monitoringini yuritishda axborot oqimlari modelini qurish va gidrorejim elementlarini avtomatlashtirilgan o'lchovi, axborot-tahlil tizimlarini hududiy taqsimlanish xususiyatlarining matematik modeli va gidrogeologik sharoitlarini tavsiflovchi monitoring jarayonlarining geoaxborot tuzilmasi bo'yicha usullar, modellar va algoritmarga bag'ishlangan ilmiy adabiyotlar, maqolalar atroflicha tahlil qilingan. Yer osti suvi sathi va minerallashuvi jarayonlarini ifodalovchi ilmiy manbalar, usullar sharhi amalga oshirilgan va masalaning qo'yilishi, tadqiqot ishining maqsadi hamda vazifalari shakllantirilgan.

Tadqiqot doirasida asosan Davlat gidrogeologik rejim kuzatuv xizmati, ya'ni Respublika yer osti suvlari monitoring jarayonlari – muntazam kuzatuvlar va muayyan tashkiliy maqsadlarga erishishga qaratilgan ishlar ketma-ketligi, suv resurslarni o'lchash, kuzatish va boshqarish bilan bog'liq bo'lishi, davlat

gidrogeologik rejim kuzatuv xizmati jarayonlarida hududiy xaritalar, sxemalar, diagrammalar yoki matnli tasvirlar ko‘rinishida tavsiflash (1-jadval) amalga oshirilgan. Axborot tizimlarini monitoring yuritilishida ma‘lumot kiritish yoki uzatish, uzluksiz zanjir asosida olingan natijalarni boshqarish, axborot tizimlarini rejalashtirish va ishlab chiqish halqaro adabiyotlar tahlilida uslublar, me‘yoriy chegaralar bilan samaradorlikni o‘lchash, risklarni baholash sharhlari o‘rganildi.

**Axborot tizimining ko‘rsatkichlarini ishlab chiqish mumkin bo‘lgan MB.**

1-jadval

Ecotizimlar va atrof muhit uchun									
Qishloq va suv ho‘jaligi uchun									
D11	Sanoat va ishlab chiqarish uchun								
D21	C11	Ichimlik suvi ta‘minoti uchun							
D31	C21	B11	№	Masalaning qo‘yilishi A11	Dinamik xarakterlar A12	Bosim A13	Holati A14	Ta‘siri A15	Chora tadbirlar A15
D41	C31	B21	A21	Oziqlantiruvchi moddalarni ko‘payishi	Yerlarni qayta ishlash intensivligi	Azot elementlari darajasi	Nitrat va yer osti suvlari	Nitrat ichimlik suvlari	Mineral va organik elem. nazorati
D51	C41	B31	A31	Zaxarli moddalar bilan ifloslanishi	Kimyo sanoati kengayishi	Og‘ir metallar darajasi	Og‘ir metallar konsentratsiyasi	Ichimlik suv ta‘minoti masalalari	Toksik tarkibning o‘zgarishi nazorati
	C51	B41	A41	Suv sathini pasayishi	Iqtisodiy rivojlanish	Ichimlik suv ta‘minoti	Suv sathini pasayishi	Xosildorlik pasayishi	Ichimlik suv olinishi
		B51	A51	Sho‘r suvning kirib kelishi	Ijtimoiy rivojlanish	Sanoat suv ta‘minoti	Xlor konsentratsiyasi	Ichimlik suv sifati pasayishi	Avtomatik monitoring
			A61	Suv olish inshooti	Ekologik rivojlanish	Ko‘p suv olish	Suv harorati o‘zgarishi	Ichimlik suv miqdori pasayishi	Sun‘iy to‘yintirish

Gidrogeologik tadqiqotlarda axborot oqimini boshqarishning muayyan masalasini o‘rganishda suv resurslari manbai, taqsimlanishi, ta‘sir oqibatlari, geofiltratsiya va geomigratsiya jarayonini sonli modellashtirish hamda ko‘rilgan choralar haqida xorijiy va respublika olimlari ilmiy ishlari va adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, gidrogeologik tadqiqotlarda ko‘plab hududlarda axborot tizim va matematik model asosida o‘rganish amalga oshirilmagan. Bularni joriy qilishni zamonaviy gidrogeologik masalalarni amaliy yechish quyidagi muhim yetishmovchiliklarni tavsiflaydi: axborot tizimi va hisoblashlar sxemashtirilishiga yetarli e‘tiborning berilmasligi, yani qo‘llanilayotgan dastur bilan uning asosidagi sonli usullar va sxemalash orasidagi bog‘lanishlar zaifligi, ayrim xollarda tadqiqot samaradorligini susaytiradi; gidrogeologik shart-sharoitlarni aniqlash tadqiqotlarining chegaralanganligi, ya‘ni real obyektlarni (amaliy) baholashda axborot tizimi sxemasiga mos gidrogeologik turdagi sohani mukammal aniqlash hamda obyektiv taqqoslashni amalga oshirishni imkoni yetarli emasligi; yaratilayotgan dasturiy kompleks vositalarining imkoniyatlarida gidrogeologik obyekt tuzilishini kerakligicha nazarga olish, yuqori pog‘onali masalalarni yechishda olingan natijalarni tahlilida hisobga olinmay qoladi; axborot oqimi dasturiy vositalarining

yagona qayd qilish, ro'yxatdan o'tkazish va amalga oshirish hamda rasmiylashtirishining, ya'ni dastlabki ma'lumotlarni kiritish yoki chiqarishni standart ko'rinishga keltirilmaganligi, dasturdan foydalanishning noqulayligi, bu o'z navbatiada natijalarni zamonaviy dasturiy komplekslarda mos kelmaganligi yoki tahlil qilib bo'lmashligidir; kamchilik va chekliligina ilmiy tadqiqotlar modellashtirish asosida amalga oshirilganligi, mutaxassislarni yetishmovchiligi, mustaqil ish olib boruvchilarga yer osti suvi sathi, harorati, minerallasuvi, dinamikasi va rejim ma'lumotlari noravshanligidir; modelda dastlabki gidrogeologik ma'lumotlar taqchilligi va aniqmasligi, zamonaviy texnologiyalardan foydalanmasligi samaradorlikni susaytirsa, gidrogeolog mutaxassisning ijtimoiy-siyosiy, ma'naviy-ma'rifiy jihatlari emperik pog'naga tushadi.

Yuqoridagilarni e'tiborga olib, gidrogeologik masalalarni yechishda axborot tizimi, bazasi, hisoblashni amaliy eksperimentlar asosida bashoratlash, epignozlash, mukamallashtirish hamda qaror qabul qilish uchun ko'maklashuvchi baza yaratildi. Axborot tizimlari va monitoringga bo'lgan ehtiyojning rivojlanishi suv xo'jaligi rivojlanishi maqsadlarga erishish yoki siyosat o'zgarishi bilan yangi axborot ehtiyojlari paydo bo'lishi axborotga bo'lgan ehtiyojning evolyutsiyasi yondashuvini yangilash uchun tegishli axborot to'plash va monitoring strategiyalarini muntazam qayta ko'rib chiqishni talab qiladi (1-jadval).

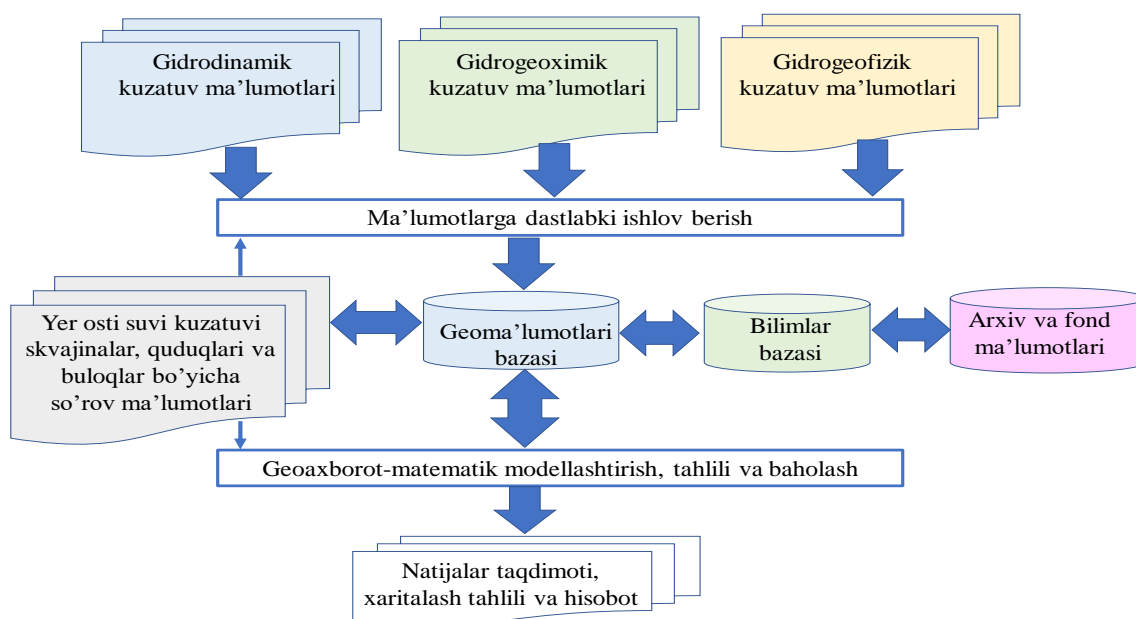
Dissertatsiyaning **“Axborot tizimlarining kognitiv modellari, tizimlashtirish va tashkil etish tamoyillari”** deb nomlangan ikkinchi bobida yer osti suvlari monitoring jarayonlarini axborot tizimlari, axborot modelini qurish tamoyillari, masalani yechishda algoritmlash usullarini hamda suvli qatlamda sath o'zgarishi davomida geomigratsiya jarayonlarini matematik modellashtirish usullari va axborot muhitining tuzilishini o'rganishga bag'ishlangan.

Kognitiv modellar – bilish jarayonlarini, ya'ni insonning axborotni – bilish, qabul qilish, saqlash, ishlov berish va undan foydalanish jarayonlarini o'rganishdir. Bunda yer osti suv tutuvchi qatlamli muhitlar geofiltratsiyasi jarayoni sivilash xususiyatlarini hisobga olgan holda chegaraviy shartlar modellari umumiy takomillashtirilgan. Yer osti gidrosferasini gidrodinamik jarayonlari, ya'ni geofiltratsiya va geomigratsiya fizika-kimyoviy hodisalari ma'lumotlari bo'yicha tadbirlar to'g'risida, birinchi navbatda, gidrogeologik monitoringi va atrof-muhit parametrlarini o'lchash orqali olingan tabiiy va texnogen obyektlarning haqiqiy holati to'g'risidagi ishonchli va to'liq ma'lumotlarga asoslanadi. Shahar va uning atrofi megapolisining texnogen sharoitida yer osti suvi kuzatuv uchun axborot oqimi (1-rasm) va o'lchov tizimlari alohida ahamiyatga ega.

Axborotlar relyatsion bog'lanish ma'lumotlar bazasi jadvallarida, o'zaro infratuzilmasi bo'yicha tashkil etilgan turli formatdagi fayllar to'plami shaklida saqlanadi. Skvajinalar va buloqlar kabi boshqa kuzatuv obyektlari haqidagi barcha ma'lumotlar (joylashuvi, maqsadi, holati, tuzilishi, litologiyasi) markazlashtirilgan tarzda saqlanadi; birlamchi va qayta ishlangan faktografik ma'lumotlar (suvning hosil bo'lishi, eksperimental filtrlash ishlari va namunalarning kimyoviy tahlil ma'lumotlari, geofizik tadqiqotlar) ma'lumotnoma va qo'llab-quvvatlovchi ma'lumotlar va hujjatlar sifatida arxiv va fondga doir bazalarda saqlanadi.

Sanoat standartidagi relyatsion ma'lumotlar bazasidan foydalanish axborot tizimidagi boshqa ilovalari bilan integratsiya qilish va foydalanuvchilarning ma'lumotlarni olish huquqlarini farqlash imkoniyatini beradi (1-rasm).

Axborot oqimlari, ma'lumotlarga ishlov berish usullari, modellari sxemalari va tashkiliy jarayonlar – tadqiqotning dolzarbligining hal qiluvchi omillarini, ya'ni jamiyat rivojlanishining zamonaviy tendensiyalarini o'z ichiga oladi: raqamlashtirish, globallashtirish, axborotlashtirish va sun'iy intellekt texnologiyalarini inson faoliyatining barcha sohalariga joriy etish, ilmiy-texnikaviy taraqqiyotni jadallashtirish. Geologik sohani rivojlanishida tashkiliy boshqaruv vazifalarining murakkabligini va monitoring faoliyatini qo'llab-quvvatlovchi axborot tizimlariga yangi talablarni qo'yadi.



**1-rasm. Hidrogeologik monitoringining axborot oqimlari tizimi.**

Binobarin taklif qilingan sxema va yondashuvlardan kelib chiqib, matritsali usul asosida hidrogeologik axborot oqimlarining rasmiy konseptsiyalari ishlab chiqiladi. Ushbu yondashuvga ko'ra, model – axborot oqimlarining turli tomonlarini aks ettiruvchi ma'lum turdagi matritsalar to'plamidir.

Formal ravishda biz hidrogeologik axborot oqimlarining rasmiy birlashtirilgan konseptual modelini (1) quyidagicha aniqlaymiz:

$$G = \{R, U, P, X, Z, W\}, \quad (1)$$

bu yerda modelning asosiy komponentlari quyidagicha:

$R = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_n\}$  – rejim elementlari to'plami;

$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$  – rejim elementlari turi to'plami;

$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$  – tarkibiy tuzilmaviy elementlar to'plami;

$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  – tizimda o'lchanishi, to'planishi, ishlov berish, qayta ishlanishi va saqlanishi kerak bo'lgan ma'lumotlar to'plami;

$Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}$  – hidrogeologik monitoring jarayonida bajaradigan asosiy funksiyalar ro'yxati;

$W$  – ko‘rsatilgan  $W = \{U, P, X, Z\}$  elementlar orasidagi bog‘lanishlar to‘plamidir, gidrogeologik rejim elementlarining turi, tarkibiy tuzilishi hamda tizimda o‘lchanishi, to‘planishi, ishlov berish, qayta ishlanishi va saqlanishi kerak bo‘lgan ma‘lumotlarning o‘zaro aloqasidir. Bundan tashqari,  $r_i \in R, i = \overline{1, n}$ ,  $n$  to‘plamining elementlari parametrlar (2) to‘plami bilan tavsiflanadi:

$$r = \langle p_j, p_l, u, z, m \rangle, \quad (2)$$

bu yerda  $p_j$  –  $r$ -rejim elementleridan kelib chiqadigan tarkibiy element,  $p_l$  –  $r$ -rejim elementlerini o‘z ichiga olgan struktura elementi,  $u$  – gidrorejim elementlari turi,  $z$  – nazorat funksiyasi,  $m$  – ma‘lum vaqt oralig‘ida uzatiladigan ma‘lumotlar soni. Ko‘rsatilgan  $U, P, X, Z$  elementlar orasidagi o‘zaro bog‘lanishlar  $W$  quyidagicha (3) ifodalanishi mumkin:

$$W = \langle \psi_1(U, P), \psi_2(P), \psi_3(U, X), \psi_4(U, Z), \psi_5(Z, P) \rangle, \quad (3)$$

bu yerda modelning  $\psi_i, i = 1..5$  komponentlarining o‘zaro ta‘siri matritsalar ko‘rinishida tasvirlansa, bizning holatlarimizda bu  $B_1 - B_5$  – matritsalar bo‘lib, ular model elementlarining o‘zaro ta‘sirini tavsiflaydi va axborot oqimlarining intensivlik qiymatlari turli fizik-geologik ma‘nolarga ega (2-jadval) matritsalar elementlaridir. Endi  $B_{11}$  matritsa misolida matritsalarini va elementlarini shakllantirish qoidalarini ko‘rib chiqaylik. Xususiyatlar o‘rtasida kiruvchi ma‘lumotlar oqimining taqsimlanishini aks ettiruvchi  $B_1$  matritsasining minoriy qismidir.  $B_1$  matritsasi  $U$  to‘plam elementlari va  $P$  to‘plam elementlari orasidagi bog‘lanishni aniqlaydi va kiruvchi ma‘lumotlarning tizim elementlari o‘rtasida taqsimlanishini ko‘rsatadi. Matritsa elementi  $\psi_i, i = 1..5$ ,  $b_{i,j}^{(11)}$  model elementlari (4).

Taklif etilayotgan model axborot oqimlarining tuzilishi va miqdoriy xususiyatlarini turli tuzilmalarida ko‘rib chiqish imkonini beradi.

2-jadval

Model elementlari	Matritsalar nomi	O‘lchovlari	Xususiyatlari
$\psi_1(U, P)$	$B_1$	(m, r)	Rejim elementlari turi bo‘yicha
$\psi_2(P)$	$B_2$	(r, r)	Tarkibiy tuzilish elementlar turi bo‘yicha
$\psi_3(U, X)$	$B_3$	(m, q)	Axborot tuzilishi turi bo‘yicha
$\psi_4(U, Z)$	$B_4$	(m, k)	Gidrogeologik rejim jarayonida bajaradigan asosiy masalalar bo‘yicha
$\psi_5(Z, P)$	$B_5$	(k, r)	Gidrogeologik rejim tarkibiy tuzilmaviy elementlar turi bo‘yicha

$$b_{i,j}^{(11)} = \begin{cases} \lambda_{i,j}^{(11)}, & \text{agar u rejim ma'lumotlari p axborot manbalaridan,} \\ 0, & \text{aks holda.} \end{cases} \quad (4)$$

bunda  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, r}$  matritsa o‘lchami (m, r).  $\lambda_{i,j}^{(11)}$  – axborot oqimining intensivligi bo‘lib, quyida ko‘rinishda bayon qilinishi mumkin (5).

$$\lambda_{i,j}^{(11)} = \sum_{R_{i,j}} \frac{K(r_n)}{\Delta\tau}, \quad (5)$$

bu yerda  $K(r_n)$  – funksiya, rejim elementlar sonini  $n$  – miqdorda qaytaruvchi  $r_n \in R_{i,j}$ ,  $\Delta\tau$  – davrdir, ya’ni belgilangan miqdordagi ma’lumotlar va ishlov beriladigan vaqt.  $R_{i,j} \subset R$  bilan – to‘plamning kichik to‘plamini deb belgilab, bu dastlabki to‘plamlarning  $\psi_R$  kesishmasi bo‘lib,  $R_{i,j}$  har bir vaqt oralig‘ida  $\tau_t$  ma’lumot turi, tuzilishining turlicha  $p_{b,j}$  teng bo‘lgan xususiyatlarga ko‘ra (6), dastlabki to‘plamning bo‘limi bo‘lgan  $R$  (ma’lumotni o‘z ichiga oluvchi strukturaviy element)

$$R_{i,j} = \psi_R(\tau_t, p_{b,j}). \quad (6)$$

Shunday qilib,  $\lambda_{i,j}^{(11)}$  elementlari  $B_1$  matritsa uchun quyidagicha (7) aniqlanadi

$$\lambda_{i,j}^{(11)} = \sum_{\psi_R(\tau_p, p_{b,j})} \frac{K(r_n)}{\Delta\tau}. \quad (7)$$

Modelni qurish deganda axborot bazasi ko‘rinishida taqdim etilgan (kuzatuv bosqichida olingan) ma’lumotlardan tasvirlangan turdagi matritsalar to‘plami ko‘rinishidagi modelga o‘tish jarayonini tushunamiz. Modelni qurilish jarayonida axborot aylanishining miqdoriy va vaqtinchalik xususiyatlari intensivlik qiymatlariga aylantiriladi.  $B_1$  matritsasini qurish metodologiyasining mohiyatini shundaki, aks ettiruvchi barcha  $b_{i,j}^{(11)}$  elementlarning qiymatlarini aniqlashdan iboratdir. Ya’ni kuzatuv bo‘limlari har xil turdagi axborotlarni qanday intensivlikda oladi. Buning uchun kuzatuv bosqichida olingan barcha axborotlar uchun ularning aylanish intensivligi qiymatini hisoblash va uni  $B_1$  matritsasining tegishli elementi bilan yig‘ish kerak.

Endi, kiruvchi ma’lumotlar oqimini monitoring jarayonining tarkibiy bo‘linmalari o‘rtasida taqsimlanishini aks ettiruvchi  $B_1$  matritsasining modelini yaratish metodologiyasining individual bosqichlarini, ya’ni algoritmi ishlab chiqildi:

- 1)  $P$  to‘plam elementlarining ( $r$ ) sonini aniqlovchi,  $P' \subset P$  konstruktiv elementlar bilan  $P'$  to‘plamni hosil qilish;
- 2) turli xil  $U' \subset U$  axborotlar turlarini shakllantirish,  $U'$  to‘plamning elementlar sonini ( $m$ ) aniqlash;
- 3)  $R$  bo‘yicha ma’lum tadqiqot chegaralari bo‘yicha axborotlar aylanishi to‘g‘risidagi tuzilmaviy ma’lumotlarni tanlash:  $R' \subset R$ ;
- 4) tanlangan model miqyosi, ya’ni shkalasi bo‘yicha manba ma’lumotlarini guruhlash;
- 5) o‘lchamli ( $r, q$ ) bo‘lgan  $B_{11}$  matritsasini qurish;
- 6)  $B_{11}$  matritsasini to‘ldirish (4) formula bo‘yicha 1-2-bosqichlarda tanlangan ma’lumotlar to‘plamining har bir elementi uchun:
  - a) joriy monitoring uchun kiruvchi axborotlar turini  $\tau_t$ , ( $t=1, \dots, n$ ) aniqlash;

b) ushbu monitoring jarayonini o'z ichiga olgan  $p_j$ ,  $j=1, \dots, m$  tuzilmaviy elementining ta'rifi;

c) (7) ifodaga muvofiq axborot oqimining intensivligini aniqlashda  $\lambda_{i,j} = \frac{k}{\Delta\tau}$ , bu

yerda  $k$  – ma'lumotlar bazasi jadvalidagi maydon qiymati.  $\Delta\tau$  ma'lumotlar bazasini kompilyatsiya qilishda, oldindan belgilangan muddat;

d)  $\lambda_{i,j}$  bo'yicha olingan qiymatini intensivligini  $B_2$  matritsaning tegishli elementiga ifoda qo'shish  $b_{i,j}=b_{i,j}+\lambda_{i,j}$ , bu yerda ( $i=1,\dots,r$ ) va ( $j=1,\dots,q$ ).

7) agar barcha ma'lumotlarga ishlov berilmagan bo'lsa 5-bosqichga o'tish.

Ushbu usulga o'xshash modelning qolgan elementlari  $B_2 - B_5$  matritsalarini qurish jarayoni, monitoring natijasida olingan va tizimlashtirilgan shaklda taqdim etilgan ma'lumotlar asosida ushbu turdagi modelni qurish usullari ishlab chiqildi va model elementlarini qurish usullari yaratildi. Axborot oqimlarining miqdoriy xarakteristikalarini asosida olingan modelni tahlil qilish imkonini beruvchi usullar yaratildi, bunda miqdoriy xususiyatlar hisobga olinadi. Kirish axborotlarini tahlil qilish va natijalarni chiqish ma'lumotlar singari shakllantirish nuqtai nazaridan bo'limlarning ish hajmini baholash  $p_j$   $j=1,\dots,m$ .

$$\Delta\lambda_j = \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}^{11}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^q b_{ij}^{11}}, \quad \Delta\gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}^{13}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^q b_{ij}^{13}},$$

bu yerda  $\Delta\lambda_j$  – kiruvchi ma'lumotlarni tahlil qilish orqali  $j$ -chi birligini yuklash yoki  $j$ -chi birligini shakllantirish orqali yuklash bo'lsa,  $\Delta\gamma_j$  chiquvchi ma'lumotlar  $b_{ij}^{11}$  va  $b_{ij}^{13}$ ,  $j$ -chiga mos ravishda  $B_2$  va  $B_5$  matritsalarining elementlari hisoblanadi.  $i$ -chi tarkibiy element bo'yicha axborotdan foydalanish koeffitsiyenti, uning asosida korxonadagi asosiy iste'molchilar va axborot yetkazib beruvchilarini aniqlash mumkin:

$$\rho_i = \frac{\sum_{j=1}^q b_{ji}^2 - b_{ii}^2}{\sum_{j=1}^q b_{ij}^2 - b_{ii}^2}, \quad \eta_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij}^2 - b_{ii}^2}{\sum_{j=1}^q b_{ji}^2},$$

bu yerda,  $b_{ij}^2$ ,  $B_2$  matritsaning elementidir.

$\eta_i$  – ishlov berilgan axborotni chiqish koeffitsiyenti olingan ma'lumotlarning ma'lum birligining chiqish ma'lumotlarida qanchalik to'liq aks etishini tavsiflaydi: Tashqi muhit bilan o'zaro ta'sir darajasi ulanish koeffitsiyenti bilan tavsiflanadi va u qanchalik baland bo'lsa, axborot nuqtai nazaridan monitoring jarayoniga tashqi ta'sirlarga shunchalik bog'liqdir:

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij}^2 + \sum_{j=1}^m b_{ji}^2 - 2b_{ii}^2}{\sum_{j=1}^q b_{ij}^2 + \sum_{j=1}^m b_{ji}^2 - b_{ii}^2}.$$

Olingan miqdoriy xarakteristikalar asosida monitoring jarayoni tuzilmasini va shunga mos ravishda axborot oqimlarini qayta tashkil etish bo'yicha qaror qabul qilish tartibi tuzildi. Qaror qabul qilish jarayonini qo'llab-quvvatlash uchun obyekt va obyekt parametrlari o'rtasida aniq matematik bog'liqlik mavjud bo'lmagan taqdirda muqobillarni tanlashga ta'sir qiluvchi mezonlarning qiymatlari bir nechta mezonlarga bog'liq bo'lgan qarorlarni qabul qilish imkonini beruvchi ko'p mezonli alternativlarni tartiblash usulidan foydalanish taklif etiladi.

Ushbu usulni qo'llash uchun dastlabki ma'lumotlar quyidagilardir:

$G_1, G_2, \dots, G_i, \dots, G_m$  – mezonlar to'plami  $i=1, \dots, m$  va  $\omega_i, i=1, \dots, m$  – qaror qabul qilish mezonlarining ahamiyati, yani muhimligi bo'lib, ekspert tomonidan qo'yilgan musbat son bilan tavsiflanadi,  $A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_l$  – qaror muqobillari to'plami, (3-jadval)  $j=1, \dots, l$ , desak,  $a_{ij}$  – har bir variant uchun mezon baholashlarining qiymatlari tanlangan miqdoriy xarakteristikalar qiymatlari  $G_i, (i=1, \dots, m, j=1, \dots, l)$ . Mezonlar – sifatida ekspert tomonidan tanlangan axborot oqimlarining miqdoriy xarakteristikolari olindi (3-jadval).

Tavsiflangan mezonlar miqdoriy qiymatlari quyidagi jadval orqali beriladi.

3-jadval

	$A_1$	$A_2$	...	$A_l$
$G_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1l}$
$G_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2l}$
...	...	...	...	...
$G_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	...	$a_{ml}$

Bunda kelishuv indeksleri  $\omega_i$  mezonlarining ahamiyatini baholashga asoslanib, ular quyidagicha ifoda asosida hisoblashadi

$$S_{A_m A_l} = \sum_{j \in Z_1, Z_2} \omega_j / \sum_{j \in Z} \omega_j,$$

bu yerda  $Z_1$  – shunday mezonlar to'plamiki, bunda  $A_m$  muqobilligi  $A_l$  muqobilidan afzalroq, ya'ni  $a_{im} > a_{il}$  shart bajariladi;  $Z_2$  shunday mezonlar to'plamiki, bunda  $A_m$  va  $A_l$  muqobillari ekvivalent bo'lgan mezonlar to'plami, ya'ni  $a_{im} = a_{il}$ .

$a_{ml}$  mezonlarini baholash qiymatlariga asoslanib, (3-jadval) bo'yicha kelishmovchilik indekslarining qiymatlari aniqlanadi, ya'ni:

$$\check{S}_{A_m A_l}(i) = \frac{|a_{im} - a_{il}|}{L_i}; \quad \check{S}_{A_m A_l} = \max_i \check{S}_{A_m A_l},$$

bunda  $i \in A_l$  bo'lib,  $L_i$  – inobatga olingan  $A_l$  to'plami kiritilgan  $i$ -mezon uchun shkala uzunligidir. Qaror qabul qilishga ko'maklashuvchi tartibi ushbu bosqichlarni o'z ichiga oladi:

**1-bosqich.** Ekspertlar tomonidan kelishuv indeksi  $S(1)$  va kelishmovchilik indeksi  $\check{S}(1)$  uchun chegara qiymatlarini belgilaydi.

**2-bosqich.**  $A_l$  va  $A_m$  muqobillarining har bir juftligi uchun kelishuv indeksi  $S_{A_m A_l}$  va kelishmovchilik indeksi  $\check{S}_{A_m A_l}$  o'rtacha  $S(1)$  va  $\check{S}(1)$  qiymatlari bilan



solishtiriladi. Agar  $S_{A_m A_l} \geq S(1)$  va  $\ddot{S}_{A_m A_l} \leq \ddot{S}(1)$  bo'lsa, ya'ni tengsizliklardan biri qat'iy bajarilsa,  $A_m$  muqobiliga nisbatan  $A_l$  muqobil ustunlik qiladi.  $A_m$  muqobiliga nisbatan  $A_l$  muqobil taqqoslanmaydigan yoki ekvivalent bo'lsa 3-bosqichga o'tish mavjud, aks holda  $A_m$  va  $A_l$  muqobillari ekvivalent va 4-bosqichga o'tiladi.

**3-bosqich.** Raqobatchilar ro'yxatidan ustun muqobili  $A_l$  chiqariladi. Qolgan muqobillar dominant bo'lmagan alternativalarining birinchi yadrosini tashkil qiladi.

**4-bosqich.** Muqobil variantlarga ustunlik berish talablari yumshatiladi, ya'ni kelishuv indeksining chegaraviy qiymati  $S(2) < S(1)$  qiymatiga va kelishmovchilik indeksining chegaraviy qiymati  $\ddot{S}_{A_m A_l} > \ddot{S}(1)$  qiymatiga tushiriladi.  $n_2$  ortadi, reyting muqobillarining keyingi iteratsiyasini bajarish uchun 2-bosqichga o'tiladi. Natijada nodominant alternativalarining ikkinchi yadrosi paydo bo'lib, takrorlashlar soni tahlilchi tomonidan belgilanadi, oxirgi yadro eng yaxshi alternativlarni o'z ichiga oladi va yadrolar ketma-ketligi ularning afzal ko'rgan tartibiga mos keladi. Ushbu axborot tizimi tahlili jarayoni mutaxassisga monitoring tuzilmasini va axborot oqimlarini tanlash natijasida olingan model asosida ishlov berish va tashkil etishda boshqaruv qarorlarini asoslash imkonini beradi.

Dissertatsiyaning **“Geoaxborot tizimlari va matematik hisoblash modullarini integratsiyalash texnologiyasi”** deb nomlangan uchinchi bobida yer osti suvlari kuzatish va nazorati jarayonlarida axborot tizimlarini yaratish metodologiyalari, axborot oqimi jarayonlarining xarakteristikalar va avtomatlashgan monitoringi, geoaxborot tizimlarida taqsimlangan ma'lumotlarni tasvirlash jarayonlarida yer osti suvi sathi va minerallashuvi o'zgarishini bashorat qilish masalalarining matematik modellarini chekli ayirmalar, haydash usullari asosida taqribiy yechish usullari va sonli hisoblash algoritmlari keltirilgan.

Differensial ifodadan sonli ya'ni chekli ayirma ko'rinishiga o'tish elementar to'r sohani tugunlar tarmog'iga bo'linish va filtrlash maydonidan keyin suv balansi tenglamasining har bir bloki uchun yozib olingandan so'ng dasturlash hamda hisoblash eksperimentlari amalga oshirildi.

Yer osti suvlari geofiltratsiya jarayoni va tuzli konsentratsiyani birgalikdagi oqimi harakati masalalarida yer osti sizot suvlari sathining o'zgarishi bilan minerallashuv jarayonlaridagi o'zgarishlar bog'liqliklarni ya'ni yer osti suviga turli tomonlardan oqib kiruvchi suvlar tarkibidagi sifat qiymatlarini o'rganish lozim. Yer osti sizot suvi sathi va minerallashuvi tarkibining o'zgarish jarayonini batafsil va xar tomonlama o'rganish uchun sohaning asosiy xususiyatlarini tavsiflaydigan takomillashtirilgan matematik modeli ishlab chiqilgan.

Modelni qurishda F.B.Abutaliyev, N.N.Verigin, I.Habibullayev, R.N.Usmonov, J.X.Djumanov kabi olimlar tadqiqotlari asosida yer osti suvlari qatlamining gidrodinamikasi va sifat o'zgarishi jarayonlarini matematik ifodasi (8)-(12) quyidagi ko'rinishda ifodalangan.

$$\begin{cases} \mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( km \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( km \frac{\partial H}{\partial y} \right) + W_{\Pi} - W_o \\ \mu \frac{\partial (mC)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( Dm \frac{\partial C}{\partial x} - mv_x C \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( Dm \frac{\partial C}{\partial y} - mv_y C \right) + W_{\Pi} C_{\Pi} - W_o C_o, \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} H(x, y, t_0) = \varphi(x, y); & t \geq t_0 \\ C(x, y, t_0) = \psi(x, y); & t \geq t_0, \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} H(x, y, t) = F_1(x, y, t); & x, y \in \Gamma_1; & t > t_0 \\ C(x, y, t) = F_2(x, y, t); & x, y \in \Gamma_2; & t > t_0, \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} -km \frac{\partial H}{\partial n} = F_3(x, y, t); & x, y \in \Gamma_3; & t > t_0 \\ -D_n m \frac{\partial C}{\partial n} + mv_n C = mv_n C; & x, y \in \Gamma_4; & t > t_0, \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} -km \frac{\partial H}{\partial n} = km \frac{H_B - H}{\phi}; & x, y \in \Gamma_5; & t > t_0 \\ -D_n m \frac{\partial C}{\partial n} + mv_n C = mv_n C; & x, y \in \Gamma_6; & t > t_0. \end{cases} \quad (12)$$

Shuningdek, suv ta'minotining harakatlanish jarayonlarini chuchuk suv ifloslanishi minerallashuvi yoki konsentratsiyasining tekislikda ham vaqt ichida o'zgarishini o'rganildi. Axborot tizimlarini yaratishga kompleks yondashuv va geomigratsiyaning o'zgarishi, diffuziya koeffitsiyenti hamda suv sathiga bog'liq filtratsiya tezliklarini gidrogeologik holatga ta'siri tadqiq qilingan.

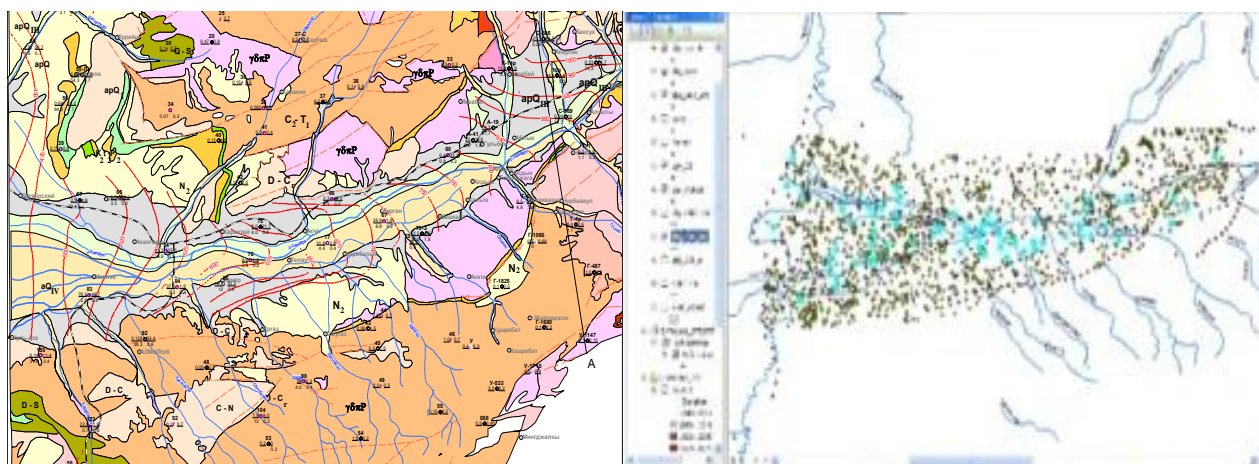
Dissertatsiyaning **“Monitoring faoliyatini axborot ta'minotini ishlab chiqish va amalyotga joriy etish natijalari”** deb nomlangan to'rtinchi bobida obyektning yer osti suvlari xususiyatlari bo'yicha geoma'lumotlarni tayyorlash va axborot tizimi jarayonlarini amalga oshirishni baholash algoritmlari, monitoring jarayonlarini tezkor axborot-tahlili, baholash va ko'rsatkichlarning nazorat hisobi, sifat o'zgarishida geomigratsiya jarayonlarini o'rganish masalalarini modeli, hisoblash algoritmlari va dasturiy vositalaridan foydalanib, eksperiment natijalari bo'yicha samaradorlikni baholash va tahlil qilish hamda qiyosiy tahlili keltirilgan.

Modelning aniqligi natijalari haqiqiy ma'lumotlarga qanchalik mos kelishi – geoaxborot tizimlari asosida avtomatlashgan monitoring natijalarining yer osti suvlarining haqiqiy holatiga mos kelishi bilan izohlangan. Axborot oqimi modelini yaratish bir necha bosqichlarni o'z ichiga oladi va turli vositalar, usullar yordamida amalga oshirilishi mumkin. Biroq, eng keng tarqalgan usullardan biri grafik nazariyasiga asoslangan geomodelni qurishdir. Bunda model grafik ko'rinishda, uning axborot manbalari (2-rasm) va matematik model orasidagi bog'lanish integratsiyalandi. Grafikga asoslangan modelni yaratish formulasi quyidagicha:  $M = \{G, F\}$ , bu yerda  $M$  – axborot oqimlarining modeli,  $G$  – cho'qqilar to'plami (axborot manbalari va iste'molchilari),  $F$  – qirralar to'plami (axborot oqimlari). Har bir chekka  $(i, j) \in F$  uchun biz  $e_{ij}$  o'tkazish qobiliyatini ham aniqlashimiz mumkin, bu ma'lum vaqt oralig'ida  $i$  va  $j$  cho'qqilari o'rtasida qancha ma'lumot uzatilishi mumkinligini ko'rsatadi. Shunday qilib, axborot oqimlarining modelini yaratish  $G$  cho'qqilar to'plamini,  $F$  qirralarning to'plamini va barcha qirralar uchun  $e_{ij}$  sig'imlarini aniqlash amalga oshirildi.

Kompleks yondashuvda geografik koordinatalar tizimi bo'yicha yer osti suvlari konlarini axborot ta'minoti sifatida elektron xaritalarini yaratish, miqyosiy va topologik asosi monitoring va ishlab chiqarish ishlarida samarali zaruratga aylandi. Bu ishga kiritilgan geoaxborotlar, yani xaritalardan ko'rinib turibdiki, bu

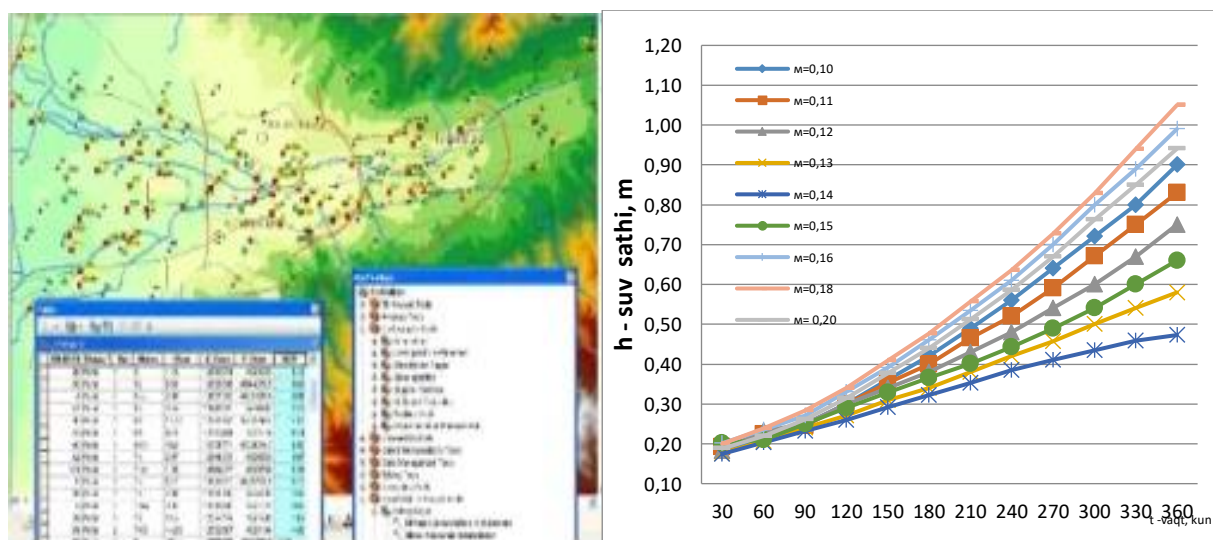
gidrogeologik tadqiqotlarni tahlil qilish va baholashda mavjud bo'lgan elektron xaritalar bo'shlig'ini to'ldirishga, olingan natijalarni ko'rsatishga, o'rganilayotgan soha bo'ylab bir xillik va zamonaviy geologik asosga batafsil bog'liqlik va mavzuli yo'nalishda keng ko'lamli dasturlarni amalga oshirishga yordam berdi.

Tadqiqotning keying bosqichlarida yaratilgan tuzilma asosida vektorlashtirish va topografik, geologik-gidrogeologik xaritalar hamda fazoviy qatlamlarni o'z ichiga olgan ma'lumotlar bazasi shakllantirildi. Matematik model natijalari kuzatuv nuqtasidan olingan an'anaviy ma'lumotlar bilan qiyosiy taqqoslandi, tayyorlangan geologik va gidrogeologik ma'lumotlar raqamlashtirildi, jarayonlarning o'zaro bog'liqligi haqidagi ma'lumotlarni tahlil qilish yer osti suvlarining holati to'g'risida eng aniq va to'liq ma'lumotlarni taqdim etishda monitoring parametrlarini aniqlashga yordam beradi, ya'ni kompyuterga o'tkazish, geologik asosda geologik axborot va gidrogeologik ma'lumotlarning vektor xaritalari tayyorlandi (3-rasm).



2-rasm. Geologik, gidrogeologik va atribut axborot ta'minoti.

Ekspert ma'lumotlariga asoslangan holda samaradorlikni baholash va tahlil qilish, Ohangaron gidrogeologik rejim stansiyasi monitoring yuritishda axborot modelini qurish jarayoni o'tkazildi va gidrorejim tashkilotlarining son qiymati; monitoring yuritish jarayonida ishtirok etuvchi kuzatuv nazoratchi xodimlar soni; kuzatuv o'tkazish davri, bir oyda, mavsumda va yil bo'yi axborot oqimida yig'ilgan



3-rasm. Geoaxborot model va gidrogeologik parametrlarni tanlash.

ma'lumotlar xususiyatlari taklif etilayotgan usulning samaradorligini baholash uchun umumlashtirilgan ko'rsatkichdan foydalanish  $k=a \cdot k_1 + b \cdot k_2$  ifodasi asosida amalga oshirilgan. Bu yerda  $k_1$  va  $k_2$  – tekshirish vaqti va mehnat sarflanishini qisqartirishni tavsiflovchi koeffitsiyentlardir  $a$ , va  $b$  – har biri alohida holatda parametrlarning qanchalik muhimligini tavsiflovchi normalashgan vaznlik koeffitsiyentlari – tekshirish davomiyligi va uning mehnat intensivligidir.

Shu tarzda, mutaxassis (masalan, monitoring va kadastr bo'limi boshlig'i) qanday xususiyat muhimroq ekanligini aniqlashi mumkin: o'lchov va kuzatuvning tezligi yoki minima l mehnat xarajatlari va xokazo. Belgilangan  $N$  ta xodimlar soni uchun  $a$ ,  $b$  vazn koeffitsiyentlarini o'rnatgandan so'ng,  $k$  qiymati aniqlanadi; agar  $k < 1$  qiymati bo'lsa, taklif qilingan tadqiqot usulidan foydalanish oqlanadi.

## XULOSA

“Yer osti gidrosferasini avtomatlashgan monitoringi asosida geomigratsiya jarayonlarining modelini ishlab chiqish” nomli texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi natijalar olindi va xulosalar qilindi:

Gidrogeologik axborot tizimida aylanayotgan axborot oqimlarini tavsiflash uchun qo'llaniladigan modellar va usullarni tahlili amalga oshiriladi, hamda monitoring jarayoni axborot tizimi loyihasidan oldingi va keyingi ma'lumotlarni qayta ishlash usullari ko'rib chiqildi. Natijada axborot tizimi yaratish va uning natijalari asosida model va algoritmlar tuzish bosqichlari, hamda usullarning bir qator muhim omillari aniqlandi:

Yer osti gidrosferasini avtomatlashtirilgan monitoringi asosida sath va sifat holatidagi o'zgarishlarni oldindan aytish va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan salbiy oqibatlarning oldini olish imkonini beradigan geomigratsiya jarayonlari modeli yaratildi. Natijada model yer osti suv resurslarini boshqarish, ifloslanishning oldini olish va ekologik xavfsizligini o'rganishda, turli tadbirlarning yer osti suvlariga ta'sirini baholash, atrof-muhitni muhofaza qilish va resurslarni boshqarish sohasida yanada oqilona qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

Yer osti suvlari monitoringi tizimidagi axborot jarayonlarini tezkor baholash asosida suv resurslarini boshqarish va ularning xavfsizligini ta'minlash bo'yicha asoslangan qarorlar qabul qilishga ko'maklashishi mumkin. Bu yer osti suvlarining ifloslanishini oldini olishga yordam beradi va kelajakda foydalanish uchun uning mavjudligini ta'minlaydi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, yer osti gidrosferasini avtomatlashtirilgan monitoring asosida geomigratsiya jarayonlarini modellashtirish yer osti suv resurslarini boshqarish, ularning xavfsizligini ta'minlash va ifloslanishining oldini olishda muhim vosita hisoblanadi.

Modellashtirish yer osti suvlari holatidagi o'zgarishlarni bashorat qilish va salbiy oqibatlarning oldini olish choralarini ishlab chiqish imkonini beradi. Bundan tashqari, geomigratsiya modellari turli faoliyatlarning yer osti gidrosferasiga ta'sirini baholash uchun foydalanilishi mumkin, bu esa atrof-muhit va resurslarni boshqarish bo'yicha ko'proq ma'lumotga ega bo'lgan qarorlarni qabul qilishga olib keladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.13/05.05.2023.Т.162.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НУКУССКОМ ФИЛИАЛЕ ТАШКЕНТСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**НУКУССКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ МУХАММАДА  
АЛ-ХОРАЗМИЙ**

**АХРАЛОВ ШАВКАТ СУЛАЙМОНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕОМИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА  
ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНОЙ  
ГИДРОСФЕРЫ**

**05.01.10 – Информационные системы и процессы**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО  
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Нукус 2024**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2019.4.PhD/T1427.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации доступен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на сайте Ученого совета ([www.tatunf.uz](http://www.tatunf.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

Научный руководитель:

Джуманов Жамолжон Худайкулович  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Якубов Махсетхан Султаниязович  
доктор технических наук, профессор

Элов Ботир Болтаевич  
доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Ведущая организация:

Бухарский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится «26» июль 2024 г. в 16<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.13/05.05.2023.T.162.01 по присуждению ученых степеней при Нукусском филиале Ташкентского университета информационных технологий. (Адрес: 230100, г. Нукус, ул. А.Досназарова, 74. Тел.: (99861) 222-49-10, э-mail: [tatunf@tatunf.uz](mailto:tatunf@tatunf.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Нукусского филиала Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный № 2). (Адрес: 230100, г. Нукус, ул. А.Досназарова, 74. Тел.: (99861) 222-49-10).

Автореферат диссертации разослан «15» июль 2024 года.  
(протокол рассылки № 2 от 12-июль 2024 г.).



*Б.Т.Каппберенов*

Б.Т.Каппберенов  
Председатель Научного совета  
по присуждению научных степеней  
доктор технических наук, профессор

*Р.И.Отениязов*

Р.И.Отениязов  
Научный секретарь Научного совета  
по присуждению научных степеней  
доктор технических наук, доцент

*К.К.Сейтназаров*  
Председатель Научного семинара при Научном совете  
по присуждению научных степеней  
доктор технических наук, профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация к диссертации доктора наук (DSc))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире большое внимание уделяется совершенствованию функционирования информационных систем и технологий в области горно-добывающей промышленности и геологии, гидрогеологических информационных систем, степени минерализации подземных вод с изменением их состояния, температуры и уровня, а также применению в исследованиях питьевой воды. Мониторинг подземных вод, исследование различных гидрогеологических процессов на основе информационных систем и математических моделей, а также разработка эффективных вычислительных алгоритмов являются одними из самых актуальных научных вопросов. В развитых зарубежных странах, в частности, в США, Канаде, Японии, Англии, Дании, Франции, Германии, Нидерландах, Китае, Корее, России, Индии и др. большое внимание в этом направлении уделяется разработке информационных систем, математических моделей и алгоритмов численных расчетов для исследования сложных гидродинамических и геомиграционных процессов.

В мире настоящее время на основе современных информационных систем широко проводятся целевые исследования, направленные на изучение движения подземных вод, гидрогеологических процессов в качестве питьевого водоснабжения в городе и его окрестностях. В число основных вопросов такого подхода входит автоматизация на основе информационных систем мониторинга процессов изменения уровня и качества подземных вод. Одними из актуальных научных исследований являются создание математических моделей процессов изменения уровня подземных вод и минерализации в водоносных горизонтах, разработка и совершенствование эффективных вычислительных алгоритмов и программных средств.

В республике проводятся масштабные мероприятия по проведению исследований по созданию новых информационных систем, способствующих повышению эффективности использования водных ресурсов и их практическому применению. В Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»<sup>3</sup> обозначены задачи, в частности, «...ускоренное развитие национальной экономики и обеспечение высоких темпов роста, ... с широким внедрением современных образовательных стандартов в области геологии и внедрение результатов научных исследований в практику». Особое внимание уделяется разработке и внедрению в практику моделей сложных гидродинамических процессов, связанных с оценкой, мониторингом и разработкой геоинформационной системы, прогнозированием состояния подземных водных ресурсов, имеющих важное значение в водохозяйственной деятельности нашей республики. В этом отношении одним из актуальных вопросов является разработка алгоритмов и программных средств

---

<sup>3</sup>Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

мониторинга подземных вод, обеспечивающих мониторинг состояния, анализ и эффективное использование различных информационных систем.

Данное диссертационное исследование в определенной степени послужит реализации задач, обозначенных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 9 октября 2019 года № ПП-4486 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами», от 6 октября 2020 года № ПП-4851 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы образования, развитию научных исследований и их интеграции с IT-индустрией», Указе Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года № УП-6024 «Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» и в иных нормативно-правовых актах, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в рамках приоритетных направлений развития науки и технологий республики: IV – «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий» и VIII – «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы<sup>4</sup>.** Были исследованы пути повышения эффективности управления за счет сокращения времени цикла принятия решений на основе мониторинга подземных вод, новых подходов к использованию информационно-аналитического программного обеспечения, реализации мер по развитию теории и практики управления информацией, особенно на основе теории множеств и графов. В области систем анализа информации рассмотрены исследования Л.Заде, Т.Саати, М.Свами, М.Кристофера, Р.Беллмана, В.С.Лукинского, А.А.Сорокина, Д.Уотерса, Д.А.Иванова, И.К.Гавича, Ф.М.Бочевера и др., в области разработки и применения геоинформационных систем и технологий изучены работы В.Г.Бондура, А.М.Берлянта, В.С.Тикунова, К.Кашкарова, А.Д.Иванникова, В.Я.Цветкова и др., а также в области интеллектуальных систем в мониторинге – труды С.Поспелова, Г.С.Осипова, Т.А.Гавриловой и ряда других зарубежных ученых.

В Узбекистане информационные системы мониторинга подземных вод, модели гидрогеологических процессов, интеллектуальные многоступенчатые комплексы управления – организованы на основе автоматизированного мониторинга, где обеспечение непрерывности их оперативного обмена информацией и эффективное круглосуточное решение задач наблюдения были исследованы такими учеными, как Н.Н.Ходжибаев, У.У.Умаров, Ф.Б.Абуталиев, Т.Ф.Бекмурадов, И.Хабибуллаев, Р.Н.Усманов, В.Н.Соколов, Дж.Джуманов, А.А.Мавлонов, В.С.Щеглов, которые добились значительных научных результатов.

---

<sup>4</sup>Dissertatsiya mavzusi bo'yicha ilmiy tadqiqotlar sharhi <https://www.scopus.com>, <https://www.elsevier.com>, <https://www.researchgate.net>, <http://www.usgs.gov>, <https://www.msu.ru>, va boshqa manbalar asosida shakllantirilgan.



Анализ отраслевых исследований показывает, что не были учтены особенности разработки программного обеспечения для совершенствования системы мониторинга, характеристики информационных процессов, в частности, построение соответствующих моделей информационных процессов в едином пространстве. Недостаточно изучены водные ресурсы, в т. ч.: процессы изменения величины минерализации подземных и поверхностных вод, разработка методов более глубокого и всестороннего исследования вопросов, связанных с оценкой изменения запасов подземных вод, источника питьевой воды.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов № БВ-Атекс-2018 (399+487) на тему «Создание прикладных программных пакетов для построения трехмерных моделей гидрогеологических процессов и численного моделирования диффузионных процессов в двухкомпонентных средах» (2018-2019 гг.), № И-АТ-2021-493 на тему «Создание инновационной аппаратуры дистанционного определения уровня, температуры и электропроводности подземных вод», плана научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий.

**Цель исследования** – разработка информационно-аналитических систем при моделировании геомиграционных процессов с целью повышения эффективности автоматизированного мониторинга подземной гидросферы.

**Задачи исследования:**

произвести анализ процесса построения модели информационных потоков при ведении гидрогеологического мониторинга и проектирования автоматизированных информационно-аналитических систем;

определить геоинформационную структуру процессов мониторинга природных систем на основе теории формирования и качественного изменения залежей подземных вод;

разработать математическое моделирование, алгоритмы численного решения и программные средства процессов геофильтрации и геомиграции гидрогеологических систем при изучении перспективности залежей подземных вод;

произвести анализ информационного обеспечения систем и процессов в гидрогеологии и инженерной геологии, разработку методов поддержки управленческой деятельности, а также создать инфраструктуру информационного обмена мониторинговой деятельности (на примере Ахангаранского месторождения подземных вод).

**Объект исследования** – процессы мониторинга подземных вод в горно-добывающей промышленности и геологии, гидрогеологические информационные системы.

**Предметом исследования** являются методы, модели и алгоритмы создания информационных систем, а также программные средства совершенствования автоматизированного мониторинга подземных вод.

**Методы исследований.** В процессе диссертационного исследования использованы теории информационных систем и моделей, теории управления организационными системами, системный анализ данных гидрогеологического режима, автоматизированный мониторинг, вычислительная математика, математическое моделирование и расчетно-экспериментальные методы, а также технологии объектно-ориентированного программирования при проектировании и интеграции программных модулей в информационную систему, создании программного инструмента по реальным информационным массивам..

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработан метод определения изменений состояния подземных вод на основе модели информационных потоков и автоматизированных измерений при проведении гидрогеологического мониторинга;

создана геоинформационная структура и математическая модель процессов мониторинга природных и техногенных систем, характеризующих гидрорежимные факторы и гидрогеологические условия;

разработаны математическая модель процессов геофильтрации и геомиграции, алгоритмы численного решения и программных средств при обосновании перспективности месторождений подземных вод;

разработаны методы информационного обеспечения систем гидрогеологии и инженерной геологии при анализе процессов управления информационными ресурсами и поддержки принятия решений.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

при проведении гидрогеологического мониторинга разработаны информационные системы и программные средства процессов геофильтрации и гидрорежимных организующих элементов месторождений подземных вод;

разработаны информационно-аналитическая система и программный комплекс прогнозирования изменения уровня подземных вод с учетом изменившихся гидрогеологических условий;

создана информационная система подземных вод на основе математической модели процессов геофильтрации и геомиграции гидрогеологических систем, алгоритмов численного решения.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается систематическим получением данных гидрогеологического мониторинга, проверкой на точность и полноту, строгим соответствием математических выражений, используемых в информационной системе, и строгим соответствием гидрогеологических условий закону процессов геофильтрации, а также совместимостью данных с традиционными методами расчета и результатами экспериментов.

**Научная и практическая значимость диссертации.** Научная обоснованность результатов исследования объясняется тем, что разработанная информационная система и модель процессов мониторинга способствуют

перспективной разработке теоретических основ выявления закономерностей, тенденций и взаимосвязей между явлениями, происходящими при изменении уровня и качества подземных вод.

Практическая значимость результатов исследования обоснована разработанными информационными системами и программным комплексом процессов автоматизации измерений, позволяющими прогнозировать регулярные процессы геофильтрации, сокращать время вычислений и решать задачи совершенствования использования водных ресурсов.

**Внедрение результатов исследования.** По результатам, полученным по алгоритмам моделирования, и эффективному численному расчету геомиграционных процессов на основе автоматизированного мониторинга подземной гидросферы:

метод определения изменений состояния подземных вод на основе модели информационных потоков и автоматизированных измерений, геоинформационная структура и математическая модель процессов мониторинга природных и техногенных систем, описывающих гидрогеологические условия, внедрена в Ахангаранской гидрогеологической станции Государственного унитарного предприятия “Узбекгидрогеология” Министерства горно-добывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан (справка № 03-8/17 от 5 февраля 2022 года Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций). В результате на 4-6% сократились затраты времени, средств на проведение инженерных расчетов и прогнозирование изменений уровня воды в гидросферах;

математическая модель процессов геофильтрации и геомиграции, методы информационного обеспечения систем гидрогеологии и инженерной геологии при анализе процессов управления информационными ресурсами и поддержки принятия решений при обосновании перспективности месторождений подземных вод внедрена в Ахангаранской гидрогеологической станции Государственного унитарного предприятия “Узбекгидрогеология” Министерства горно-добывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан (справка № 03-8/17 от 5 февраля 2022 года Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций). В результате было оценено изменение качества подземных вод в процессе геомиграции, что позволило сократить время и затраты труда в инженерных расчетах в 0,2 раза.

**Апробация научных исследований.** Результаты диссертационной работы докладывались на 4 международных и 9 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследований.** По теме диссертации опубликованы 25 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций, – 10 научных статей, в т. ч. 2 – в зарубежных и 8 – в республиканских изданиях, а также получены 2 регистрационных сертификата на программные средства ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из Введения, четырёх глав, Заключения, списка использованной литературы и приложений, всего 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и степень востребованности темы диссертации, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследования, а также соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, указаны научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость результатов, приведены сведения относительно перечня внедрения результатов исследования в практику, результатов эксперимента работы, опубликованных работ и структуры диссертации.

В первой главе диссертации **«Автоматизированный мониторинг подземной гидросферы и информационные процессы»** дан обзор работ, подробно проанализированы вопросы построения модели информационных потоков при проведении гидрогеологического мониторинга в мировом и республиканском масштабе, научная литература, статьи, посвященные автоматизированным измерениям элементов гидрорежима, методам, моделям и алгоритмам, относящимся к геоинформационной структуре процессов мониторинга, характеризующих математическую модель и гидрогеологические условия особенностей территориального распределения информационно-аналитических систем. Проведен обзор научных источников, методов, выражающих уровень и процессы минерализации подземных вод и сформулированы постановка вопроса, цель и задачи исследований.

В рамках исследования в основном рассматривается связь Государственной службы по слежению за гидрогеологическим режимом, т. е. процессов мониторинга подземных вод республики – регулярных наблюдений и последовательности работ, государственных услуг, направленных на достижение определенных организационных целей, с измерением, наблюдением и управлением водными ресурсами, осуществлено описание в виде территориальных карт, схем, диаграмм или текстовых изображений в процессах государственной службы (табл.1) за гидрогеологическим режимом.

При анализе международной литературы по вводу или передаче информации, управлению результатами, полученными на основе непрерывной цепочки, планированию и разработке информационных систем в ходе мониторинга информационных систем в процессах управления, были рассмотрены обзоры измерения эффективности методами, стандартами, оценки рисков и нормативы.

Анализ научных работ зарубежных и республиканских ученых, литературы, касающейся источников, распределения, последствий воздействия водных ресурсов, геофильтрации и геомиграции, а также

принятых мер при изучении конкретного вопроса управления информационным потоком в гидрогеологических исследованиях, показывает, что в гидрогеологических исследованиях во многих регионах не проводились исследования на основе информационной системы и математической модели.

Таблица 1

### БД показатели информационной системы

Экосистем и окружающей среды									
Сельского и водного хозяйства									
D11	Промышленности и производства								
D21	C11	Питьевого водоснабжения							
D31	C21	B11	№	Постановка вопроса A11	Динамическое движение A12	Давление A13	Состояние A14	Воздействие A15	Меры A15
D41	C31	B21	A21	Увеличение питательных веществ	Интенсивность обработки земли	Уровни элементов азота	Нитраты и подземные воды	Нитратные питьевые воды	Контроль минеральных и органических элементов
D51	C41	B31	A31	Загрязнение токсичными веществами	Расширение химической промышленности	Уровень тяжелых материалов	Концентрация тяжелых материалов	Проблемы с питьевым водоснабжением	Контроль изменения токсического состава
	C51	B41	A41	Снижение уровня воды	Экономическое развитие	Питьевая вода	Снижение уровня воды	Снижение урожайности	Потребление питьевой воды
		B51	A51	Проникновение соленой воды	Социальное развитие	Промышленное водоснабжение	Концентрация хлора	Снижение качества питьевой воды	Автоматизированный мониторинг
			A61	Водозаборное сооружение	Экологическое развитие	Получение большого количества воды	Изменение температуры воды	Уменьшение количества питьевой воды	Искусственное насыщение

Практическое решение современных гидрогеологических вопросов их внедрения характеризует следующие существенные недостатки: недостаточное внимание к схематизации информационной системы и вычислений, т. е. слабые связи между используемой программой и основанными на ней численными методами и схематизацией, в некоторых случаях снижают эффективность исследований; ограниченность исследований по определению гидрогеологических условий, т. е. недостаточность возможности совершенного определения области гидрогеологического типа, соответствующей схеме информационной системы при (практической) оценке реальных объектов, а также проведения объективных сравнений; надлежащий учет структуры гидрогеологического объекта в возможностях создаваемого программного комплекса не учитывается при анализе результатов, полученных при решении задач высокого уровня; отсутствие единой записи, регистрации и реализации и формализации программных средств информационного потока, т. е. ввода или

вывода исходных данных в стандартном виде, неудобство использования программы, что, в свою очередь, делает результаты несовместимыми или не поддающимися анализу в современных программных комплексах; отсутствие научных исследований на основе моделирования, нехватка специалистов, неявность данных уровня, температуры, минерализации, динамики и режима подземных вод для тех, кто осуществляет самостоятельную работу; если недостаток и неопределенность исходной гидрогеологической информации, неиспользование современных технологий в модели снижает эффективность, то, соответственно, на эмпирический уровень падают и социально-политические, духовно-просветительские аспекты специалиста-гидрогеолога. Во внимание вышесказанное, была создана информационная система, база, вспомогательная база для прогнозирования, эпигнозирования, совершенствования расчета на основе практических экспериментов и принятия решений при выполнении гидрогеологических задач.

Развитие информационных систем и потребностей в мониторинге, развитие водного хозяйства, появление новых информационных потребностей с достижением целей или изменением политики, эволюция потребностей в информации требуют регулярного пересмотра соответствующих стратегий сбора и мониторинга информации для обновления подхода.

Вторая глава диссертации **«Когнитивные модели информационных систем, принципы систематизации и организации»** посвящена изучению информационных систем процессов мониторинга подземных вод, принципам построения информационной модели, применению методов математического моделирования при решении задачи, а также методам математического моделирования геомиграционных процессов при изменении уровня воды в водоносных горизонтах и структуре информационной среды.

Когнитивные модели – это изучение познавательных процессов, т. е. процессов, с помощью которых человек познает, получает, хранит, обрабатывает и использует информацию. При этом модели граничных условий были в целом усовершенствованы с учетом особенностей протекания процесса геофильтрации водоносных горизонтов. Данные о гидродинамических процессах подземной гидросферы, т. е. о физико-химических явлениях геофильтрации и геомиграции, основаны на достоверных и полных данных о действительном состоянии природных и техногенных объектов, полученных, прежде всего, путем гидрогеологического мониторинга и измерения параметров окружающей среды. В техногенных условиях города и пригородного мегаполиса особое значение имеют информационно-измерительные системы наблюдения за подземными водами.

Информация хранится как в таблицах реляционных баз данных, так и в виде наборов файлов различных форматов, организованных по их взаимной инфраструктуре. Вся информация (местоположение, назначение, положение, структура, литология) о других объектах наблюдения, таких как скважины, колодцы и источники, хранится централизованно; первичные и обработанные фактографические данные (данные водообразования, опытно-

фильтрационных работ и химического анализа проб, геофизических исследований) хранятся в архивных и поисковых базах в качестве справочной и вспомогательной информации и документации. Использование стандартной отраслевой реляционной базы данных позволяет интегрировать ее с другими приложениями в информационной системе и дифференцировать права пользователей на доступ к данным.

Информационные потоки, методы, модели, схемы и организационные процессы обработки информации включают определяющие факторы актуальности исследований, а именно – современные тенденции развития общества: цифровизация, глобализация, информатизация и внедрение технологий искусственного интеллекта во все сферы человеческой деятельности, интенсификация научно-технического прогресса. Предъявляются новые требования к информационным системам, поддерживающим сложность организационно-управленческих задач и мониторинговой деятельности в развитии геологической отрасли (рис. 1).

Следовательно, исходя из предложенных схем и подходов, на основе матричного метода разрабатывается концептуальная модель гидрогеологических информационных потоков. Согласно этому подходу, модель – это набор матриц определенного типа, представляющих различные аспекты информационных потоков.



Рис. 1. Система информационных потоков гидрогеологического мониторинга.

Мы определяем формально прикрепленную концептуальную модель (1) гидрогеологических информационных потоков как:

$$G = \{R, U, P, X, Z, W\}, \quad (1)$$

где основные компоненты модели:

$R = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_n\}$  – набор элементов режима;

$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$  – набор типов элементов режима;

$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$  – набор структурно-составных элементов;

$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  – набор данных, которые должны быть измерены, собраны, обработаны и сохранены в системе;

$Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}$  – перечень основных функций, выполняемых в процессе гидрогеологического мониторинга;

$W$  – совокупность связей между указанными элементами  $W = \{U, P, X, Z\}$ , тип, структурное строение элементов гидрогеологического режима и взаимосвязь данных, которые должны быть измерены, собраны, обработаны и сохранены в системе. Кроме того,  $r_i \in R, i = \overline{1, n}$  элементы набора (2)  $n$  характеризуются набором параметров:

$$r = \langle p_j, p_l, u, z, m \rangle, \quad (2)$$

где  $p_j$  – структурный элемент, получаемый из элементов режима,

$p_l$  – структурный элемент, содержащий элементы режима,

$u$  – тип элементов гидрорежима,

$z$  – функция контроля,

$m$  – количество данных, передаваемых за определенный период времени. Взаимные связи  $W$  между элементами  $U, P, X, Z$  можно представить, как (3):

$$W = \langle \psi_1(U, P), \psi_2(P), \psi_3(U, X), \psi_4(U, Z), \psi_5(Z, P) \rangle, \quad (3)$$

где взаимодействие компонентов модели  $\psi_i, i = 1..5$  описывается в виде матриц, в нашем случае это матрицы  $B_1 - B_5$ , которые характеризуют взаимодействие элементов модели, а значения интенсивностей информационных потоков являются элементами матриц с различными физико-геологическими значениями (табл. 2). Теперь рассмотрим правила формирования матриц и их элементов на примере матрицы  $B_1$ . Является минорной частью матрицы  $B_1$ , отражающей распределение входящего потока данных между свойствами. Матрица  $B_1$  определяет связь между элементами множества  $U$  и элементами множества  $P$  и показывает распределение входящей информации между элементами системы. Элемент матрицы  $\psi_i, i = 1..5$  представляет элементы модели (4).

Таблица 2

Элементы модели	Матрицы	Матрицы	Матрицы
$\psi_1(U, P)$	$B_1$	(m, r)	По типу элементов режима
$\psi_2(P)$	$B_2$	(r, r)	По типу структурно-составных элементов
$\psi_3(U, X)$	$B_3$	(m, q)	По типу информационной структуры
$\psi_4(U, Z)$	$B_4$	(m, k)	По основным задачам, выполняемым в процессе гидрогеологического режима
$\psi_5(Z, P)$	$B_5$	(k, r)	По типу структурно-составных элементов гидрогеологического режима



$$b_{i,j}^{(11)} = \begin{cases} \lambda_{i,j}^{(11)}, & \text{agar u rejim ma'lumotlari p axborot manbalaridan,} \\ 0, & \text{aks holda.} \end{cases} \quad (4)$$

где  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, r}$  – размер матрицы  $(m, r)$ ,  $\lambda_{i,j}^{(11)}$  – является интенсивностью информационного потока и может быть выражена в следующем виде.

$$\lambda_{i,j}^{(11)} = \sum_{R_{i,j}} \frac{K(r_n)}{\Delta \tau}, \quad (5)$$

где  $K(r_n)$  – функция, период –  $r_n \in R_{i,j}$ ,  $\Delta \tau$ , количественно повторяющий число элементов  $n$ , т. е. фиксированный объем данных и время обработки. Определив  $\ddot{R}_{i,j} \subset R$  как подмножество множества, которое является пересечением исходного множества  $\psi_R$ ,  $R_{i,j}$  в каждом временном интервале  $\tau_t$  по типу данных, различным свойствам строения равным  $p_{b,j}$ , являлся разделом исходного множества  $R$  (структурный элемент, содержащий информацию)

$$R_{i,j} = \psi_R(\tau_t, p_{b,j}). \quad (6)$$

Таким образом, элементы  $\lambda_{i,j}^{(11)}$  для матрицы  $B_1$  выражаются как

$$\lambda_{i,j}^{(11)} = \sum_{\psi_R(\tau_p, p_{b,j})} \frac{K(r_n)}{\Delta \tau}. \quad (7)$$

Предлагаемая модель позволяет рассматривать структуру и количественные характеристики информационных потоков в различных структурах.

Под построением модели понимается процесс перехода от информации, представленной в виде информационной базы (полученной на этапе наблюдения), к модели в виде набора матриц описываемого типа. В процессе построения модели количественные и временные характеристики информационного цикла преобразуются в значения интенсивности. Суть методики построения матрицы  $B_1$  состоит в определении значений всех элементов  $b_{i,j}^{(11)}$ , т. е., с какой интенсивностью отделы наблюдения получают разные типы информации. Для этого для всей информации, полученной на этапе наблюдения, необходимо вычислить значение интенсивности их вращения и суммировать его с соответствующим элементом матрицы  $B_1$ .

Далее были разработаны индивидуальные этапы методологии построения модели матрицы  $B_1$ , т. е. алгоритм, отражающий распределение поступающих потоков данных между структурными разделами процесса мониторинга:

1) образование множества  $P'$  конструктивными элементами  $P' \subset P$ , определяющими количество  $(r)$  элементов множества  $P$ ;

2) формирование различных  $U' \subset U$  типов данных, определение количества ( $m$ ) элементов множества  $U'$ ;

3) выбор структурных данных о цикле данных по границам определенных исследований по  $R$ :  $R' \subset R$ ;

4) группировка исходных данных по масштабу, т. е. по шкале выбранной модели;

5) построение размерной ( $r, q$ ) матрицы  $B_{11}$ ;

6) заполнение матрицы  $B_{11}$  по формуле (4) для каждого элемента набора данных, выбранных на 1-2 этапах:

a) определение типа входящих данных  $\tau_t$ , ( $t=1, \dots, n$ ) для текущего мониторинга;

b) определение структурного элемента  $p_j$ ,  $j=1, \dots, m$ , включающего этот процесс мониторинга;

c) при определении интенсивности информационного потока по выражению (7)  $\lambda_{i,j} = \frac{k}{\Delta\tau}$ , где  $k$  – значение поля в таблице базы данных.  $\Delta\tau$  – заранее определенный срок при компиляции базы данных;

d) прибавление полученного значения  $\lambda_{i,j}$  к соответствующему элементу матрицы интенсивности  $B_2$  по выражению  $b_{i,j}=b_{i,j}+\lambda_{i,j}$ , где ( $i = 1, \dots, r$ ) и ( $j = 1, \dots, q$ ).

7) переход к 5-му этапу, если не все данные были обработаны.

Остальные элементы модели, аналогичные этому методу, были образованы в процессе построения матриц  $B_2$ - $B_5$ , на основе данных, полученных в результате мониторинга и представленных в систематизированном виде, были разработаны методы построения модели данного типа и созданы методы построения элементов модели. Созданы методы, позволяющие анализировать полученную модель на основе количественных характеристик информационных потоков, при этом учитываются количественные характеристики. Оценка объема работы разделов с точки зрения анализа входных данных и формирования результатов как выходных данных  $p_j$ ,  $j=1, \dots, m$ .

$$\Delta\lambda_j = \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}^{11}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^q b_{ij}^{11}}, \quad \Delta\gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}^{13}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^q b_{ij}^{13}},$$

где  $\Delta\lambda_j$  – загрузка  $j$ -го блока путем анализа входящих данных или загрузка путем формирования  $j$ -го блока,  $\Delta\gamma_j$  – выходящие данные  $b_{ij}^{11}$  и  $b_{ij}^{13}$ , в соответствии с  $j$ -м блоком считаются элементами матриц  $B_2$  и  $B_5$ . Коэффициент использования данных по  $i$ -му структурному элементу, на основе которого можно определить основных потребителей и поставщиков данных на предприятии:

$$\rho_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{ji}^2 - b_{ii}^2}{\sum_{j=1}^q b_{ij}^2 - b_{ii}^2}, \quad \eta_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij}^2 - b_{ii}^2}{\sum_{j=1}^q b_{ji}^2},$$

где  $b_{ij}^2$ ,  $b_{ii}^2$  – элемент матрицы.

$\eta_i$  – выходной коэффициент обрабатываемых данных – характеризует, насколько полно данная единица полученных данных отражается в выходных данных.

Степень взаимодействия с внешней средой характеризуется коэффициентом связи, и чем он выше, тем больше он зависит от внешних воздействий на процесс мониторинга с информационной точки зрения:

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij}^2 + \sum_{j=1}^m b_{ji}^2 - 2b_{ii}^2}{\sum_{j=1}^q b_{ij}^2 + \sum_{j=1}^m b_{ji}^2 - b_{ii}^2}.$$

На основе полученных количественных характеристик сформирован порядок принятия решений по реорганизации структуры процесса мониторинга и, соответственно, информационных потоков. Для поддержки процесса принятия решения предлагается использовать метод многокритериального ранжирования альтернатив, позволяющий принимать решения, в которых значения критериев, влияющих на выбор альтернатив, зависят от нескольких критериев при отсутствии четкой математической зависимости между объектом и параметрами объекта.

Исходными данными для применения этого метода являются:

$G_1, G_2, \dots, G_i, \dots, G_m$  – набор критериев  $i=1, \dots, m$ , и  $\omega_{i,i}=1, \dots, m$ , -  $m$  – значимость, т. е. важность критерия принятия решения, характеризуемая положительным числом, поставленным экспертом,  $A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_l$  – набор альтернатив решения, скажем  $j=1, \dots, l$ , то  $a_{ij}$  – значения оценок критериев для каждого варианта – это значения выбранных количественных характеристик  $G_i$ , ( $i=1, \dots, m, j=1, \dots, l$ ). В качестве критериев взяты количественные характеристики информационных потоков, отобранных экспертом.

Количественные значения описанных критериев приведены в табл. 3.

Таблица 3

	$A_1$	$A_2$	...	$A_l$
$G_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1l}$
$G_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2l}$
...	...	...	...	...
$G_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	...	$a_{ml}$

Индексы согласия основаны на оценке важности критериев  $\omega_i$ , которые рассчитываются на основе следующего выражения:

$$S_{A_m A_i} = \sum_{j \in Z_1, Z_2} \omega_j / \sum_{j \in Z} \omega_j,$$

где  $Z_1$ , – набор таких критериев, при которых альтернатива  $A_m$  лучше альтернативы  $A_l$ , т. е. выполняется условие  $a_{im} > a_{il}$ ;  $Z_2$  – набор таких критериев, при которых альтернативы  $A_m$  и  $A_l$  – это набор эквивалентных критериев, т. е.  $a_{im} = a_{il}$ . На основе значений оценки критериев  $a_{ml}$  определяются значения индексов несогласия по табл. 3, т. е.:

$$\check{S}_{A_m A_l}(i) = \frac{|a_{im} - a_{il}|}{L_i}; \quad \check{S}_{A_m A_l} = \max_i \check{S}_{A_m A_l},$$

при этом  $i \in A_l$ ,  $L_i$  – длина шкалы для  $i$ -го критерия, включенного в учтенный набор  $A_l$ .

Порядок, способствующий принятию решения, включает этапы:

**1-й этап.** Экспертами устанавливаются предельные значения для индекса согласия  $S(1)$  и индекса несогласия  $\check{S}(1)$ .

**2-й этап.** Индекс согласия  $S_{A_m A_l}$  и индекс несогласия  $\check{S}_{A_m A_l}$  для каждой пары альтернатив  $A_l$  и  $A_m$  сопоставляются со средними значениями  $S(1)$  и  $\check{S}(1)$ . Если  $S_{A_m A_l} \geq S(1)$  и  $\check{S}_{A_m A_l} \leq \check{S}(1)$ , т. е. строго выполняется одно из неравенств, альтернатива  $A_l$  преобладает над альтернативой  $A_m$ . Когда альтернатива  $A_l$  несопоставима или эквивалентна относительно альтернативы  $A_m$ , имеет место переход к 3-му этапу, в противном случае альтернативы  $A_m$  и  $A_l$  объявляются эквивалентными и переходят к 4-му этапу.

**3-й этап.** Из списка конкурентов исключается доминирующая альтернатива  $A_l$ . Остальные альтернативы составляют первое ядро недоминантных альтернатив.

**4-й этап.** Требования к предпочтению альтернатив смягчаются, т. е. значение предельного значения индекса согласия сводится к значению  $S(2) < S(1)$  и значение предельного значения индекса несогласия – к значению  $\check{S}_{A_m A_l} > \check{S}(1)$ .  $n(2)$  увеличивается, происходит переход к 2-му этапу для выполнения следующей итерации рейтинговых альтернатив. В результате получается второе ядро недоминантных альтернатив, количество итераций определяется аналитиком, последнее ядро содержит лучшие альтернативы, а последовательность ядер соответствует их предпочтительному порядку. Данный процесс анализа информационной системы позволяет специалисту обосновывать управленческие решения при обработке и организации на основе модели, полученной в результате выбора структуры мониторинга и информационных потоков с использованием формальных методов.

В третьей главе диссертации **“Технология интеграции геоинформационных систем и математических вычислительных модулей”** приведены методологии создания информационных систем в процессах мониторинга и контроля подземных вод, характеристики и автоматизированный мониторинг процессов информационного потока, математические модели задач прогнозирования изменения уровня и минерализации подземных вод в процессах описания распределенной информации в геоинформационных системах, методы приближенного

решения и алгоритмы численного вычисления с использованием конечных разностей, метода разгона.

Переход от дифференциального выражения к числовому, т. е. конечной разности: выполнено программирование, а также вычислительные эксперименты после разбиения и фильтрации элементарной сеточной области на сеть узлов и записи для каждого блока уравнения водного баланса.

В вопросах процесса геофильтрации подземных вод и движения совместного потока солевых концентраций необходимо изучить взаимосвязь изменений в процессах минерализации с изменением уровня подземных сточных вод, а также качественные значения в составе вод, поступающих в подземные воды с разных сторон. Для детального и всестороннего изучения процесса изменения уровня и состава минерализации подземных сточных вод необходимо разработать усовершенствованную математическую модель, характеризующую основные характеристики области.

В исследованиях таких ученых, как Ф.Б.Абуталиев, Н.Н.Веригин, И.Хабибуллаев, Р.Н.Усманов, Дж.Х.Джуманов, математическое выражение процессов гидродинамики и качественного изменения (8)- (12) подземного водоносного горизонта при построении модели выглядит следующим образом

$$\begin{cases} \mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( km \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( km \frac{\partial H}{\partial y} \right) + W_{\Pi} - W_o \\ \mu \frac{\partial (mC)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( Dm \frac{\partial C}{\partial x} - mv_x C \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( Dm \frac{\partial C}{\partial y} - mv_y C \right) + W_{\Pi} C_{\Pi} - W_o C_o, \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} H(x, y, t_0) = \varphi(x, y); \quad t \geq t_0 \\ C(x, y, t_0) = \psi(x, y); \quad t \geq t_0, \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} H(x, y, t) = F_1(x, y, t); \quad x, y \in \Gamma_1; \quad t > t_0 \\ C(x, y, t) = F_2(x, y, t); \quad x, y \in \Gamma_2; \quad t > t_0, \end{cases} \quad (10)$$

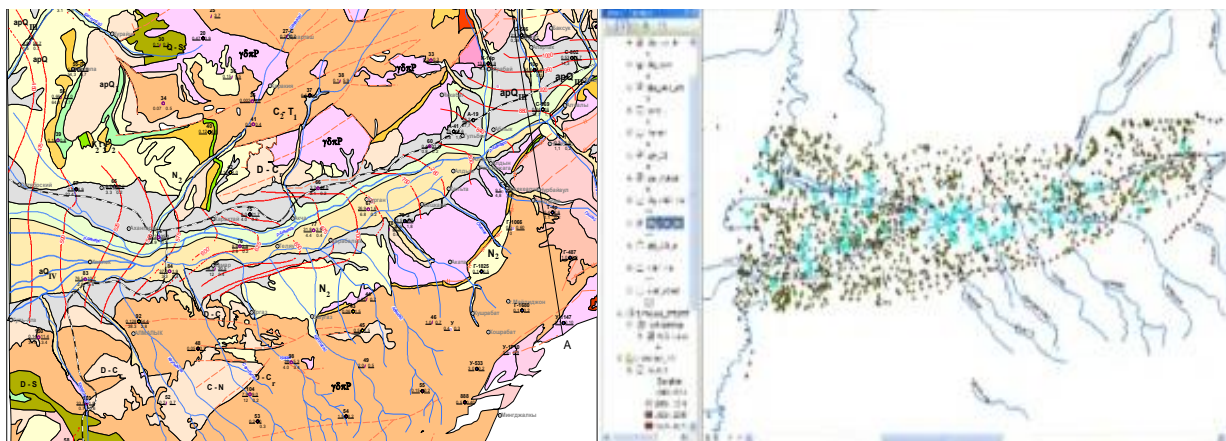
$$\begin{cases} -km \frac{\partial H}{\partial n} = F_3(x, y, t); \quad x, y \in \Gamma_3; \quad t > t_0 \\ -D_n m \frac{\partial C}{\partial n} + mv_n C = mv_n C; \quad x, y \in \Gamma_4; \quad t > t_0, \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} -km \frac{\partial H}{\partial n} = km \frac{H_B - H}{\phi}; \quad x, y \in \Gamma_5; \quad t > t_0 \\ -D_n m \frac{\partial C}{\partial n} + mv_n C = mv_n C; \quad x, y \in \Gamma_6; \quad t > t_0. \end{cases} \quad (12)$$

Изучены процессы движения водоснабжения, загрязнение, минерализация или изменение концентрации пресной воды во времени даже на равнине. Был исследован комплексный подход к созданию информационных систем и влияние геомиграционных изменений, коэффициента диффузии и скорости фильтрации, зависящих от уровня воды, на гидрогеологическую обстановку.

В четвертой главе диссертации “**Результаты разработки и внедрения в практику информационного обеспечения мониторинговой деятельности**” приведены алгоритмы подготовки геоданных и оценки реализации процессов информационной системы по характеристикам подземных вод объекта, оперативный информационный анализ, контрольный учет оценок и показателей процессов мониторинга, модель задач исследования геомиграционных процессов при качественном изменении, оценка и сравнительный анализ эффективности по результатам эксперимента с использованием вычислительных алгоритмов и программных средств.

Точность модели объяснена тем, насколько результаты соответствовали реальным данным – соответствие результатов автоматизированного мониторинга на основе геоинформационных систем фактическому состоянию подземных вод. Построение модели информационного потока включает несколько этапов и может осуществляться с помощью различных средств, методов. Одним из наиболее распространенных методов является построение геомодели на основе теории графов. При этом модель отображается графически (рис. 2), а связь между ее источниками информации и математической моделью интегрируется.



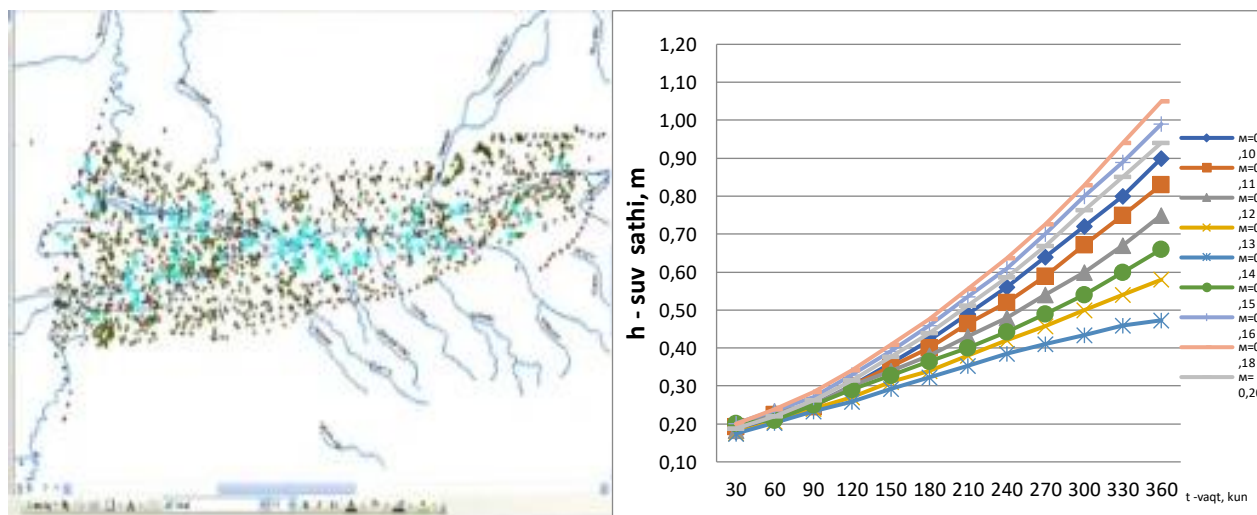
**Рис. 2. Геологическое, гидрогеологическое и атрибутивное информационное обеспечение.**

Формула построения графической модели выглядит следующим образом:  $M = \{G, F\}$ , где  $M$  – модель информационных потоков,  $G$  – набор пиков (источников и потребителей информации),  $F$  – набор ребер (информационных потоков). Для каждой границы  $(i, j) \in F$  мы можем определить также проводящую способность  $e_{ij}$ , это показывает, сколько данных может быть передано между пиками  $i$  и  $j$  за определенный период времени. Таким образом, для построения модели информационных потоков необходимо определить граф  $G$ , набор ребер  $F$  и емкость  $e_{ij}$  для всех ребер.

В комплексном подходе создание электронных карт месторождений подземных вод как информационного обеспечения по системе географических координат, масштабной и топологической основы мониторинга и производства стало реальной необходимостью. Геоинформация, включенная в данную работу, т. е. как это видно из карт, поможет восполнить пробел

существующих электронных карт при анализе и оценке геологических и гидрогеологических исследований, а также продемонстрировать полученные результаты, область исследования. Единообразие во всем и детальная привязка к современной геологической базе и способствовали реализации масштабных программ в тематическом направлении.

На основе структуры, созданной на ключевых этапах исследований, была сформирована база данных, содержащая векторизацию и топографические, геолого-гидрогеологические карты и пространственные слои. Результаты математической модели сопоставлены с традиционными данными, полученными с пункта наблюдения; подготовленные геологические и гидрогеологические данные оцифрованы. Анализ данных о взаимозависимости процессов позволил получить максимально точную и достоверную информацию о состоянии подземных вод, а также определить параметры мониторинга при предоставлении прямых данных, т. е. передаче на компьютер подготовленных векторных карт геологической информации и гидрогеологических данных на геологической основе (рис. 3).



**Рис. 3. Выбор геоинформационной модели и гидрогеологических параметров.**

Проведена оценка и анализ эффективности на основе экспертных данных, построение информационной модели мониторинга гидрогеологической станции Охангарон, численного значения гидрогеологического режима организации; количество контролирующего персонала, участвующего в процессе мониторинга; характеристики данных, собранных в потоке данных за период наблюдения – за один месяц, за сезон и в течение года. Для оценки эффективности предлагаемого метода было проведено использование обобщенного показателя на основе выражения  $k = a \cdot k_1 + b \cdot k_2$ , где  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты, характеризующие сокращение времени контроля и трудозатрат;

$a$ ,  $b$  – нормированные весовые коэффициенты, характеризующие важность параметров в каждом отдельном случае – продолжительность контроля и его трудоемкость. Таким образом, специалист (например, руководитель отдела мониторинга и кадастра) может определить, какая

особенность важнее: скорость измерений и мониторинга или минимальные трудозатраты и т. д. После задания весовых коэффициентов  $a$ ,  $b$  для заданного числа  $N$  сотрудников определяется значение  $k$ ; если значение  $k < 1$ , применение предлагаемого метода исследования оправдано.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании результатов диссертационной работы (на тему: «Моделирование геомиграционных процессов на основе автоматизированного мониторинга подземной гидросферы») представлено следующее заключение.

Проведен анализ моделей и методов, используемых для характеристики циркулирующих информационных потоков в гидрогеологической информационной системе, а также рассмотрены методы обработки информации до и после проекта информационной системы в процессе мониторинга. В результате были определены этапы создания информационной системы и построения моделей и алгоритмов на основе ее результатов, а также ряд важных факторов.

На основе автоматизированного мониторинга подземной гидросферы создана модель геомиграционных процессов, позволяющая прогнозировать изменения уровня и качества состояния и предупреждать возможные негативные последствия. В результате модель позволяет принимать более рациональные решения в области управления подземными водными ресурсами, предотвращения загрязнения и изучения экологической безопасности, оценки воздействия различных видов деятельности на подземные воды, охраны окружающей среды и управления ресурсами.

На основе оперативной оценки информационных процессов в системе мониторинга подземных вод может быть оказано содействие в принятии обоснованных решений по управлению водными ресурсами и обеспечению их безопасности. Это помогает предотвратить загрязнение подземных вод и обеспечивает их доступность для будущего использования.

Подводя итог, можно сказать, что моделирование геомиграционных процессов на основе автоматизированного мониторинга подземной гидросферы является важным инструментом управления подземными водными ресурсами, обеспечения их безопасности и предотвращения загрязнения.

Моделирование позволяет прогнозировать изменения состояния подземных вод и разрабатывать меры предупреждения негативных последствий. Кроме того, модели геомиграции могут использоваться для оценки воздействия различных видов деятельности на подземную гидросферу, что приводит к принятию более обоснованных решений в области окружающей среды и управления ресурсами.



**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.13/05.05.2023.T.162.01 AT NUKUS BRANCH OF THE TASHKENT  
UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**NUKUS BRANCH OF TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION  
TECHNOLOGIES NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHWARIZMI**

**AHRALOV SHAVKAT SULAYMONOVICH**

**DEVELOPMENT OF A MODEL OF GEOMIGRATION PROCESSES  
BASED ON AUTOMATED MONITORING OF THE UNDERGROUND  
HYDROSPHERE**

**05.01.10 – Information systems and processes**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY  
(PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

**Nukus 2024**

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2019.4.PhD/T1427

The dissertation has been prepared at Tashkent university of information technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.tuit.uz) and on the website of "Ziyonet" Information and educational portal (www.ziyonet.uz).

**Scientific adviser:** **Djumanov Jamoljon Xudaykulovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:** **Yakubov Maqsadxon Sultaniyozovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Elov Botir Boltaevich**  
Doctor of philosophy of technical Sciences, (PhD), dotsent

**Leading organization:** **Bukhara Institute of Engineering Technologies**

The defense of dissertation will take place 26 July 2024 at 16<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council No. DSc.13/05.05.2023.T.162.01 at Nukus branch of the Tashkent University of Information Technologies (Address: 230103, Nukus city, A.Dosnazarov street. -74. Phone.: (99861) 222 49 10; e-mail: tatunf@tatunf.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of Nukus branch of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No.2). Address: 230103, Nukus city, A.Dosnazarov street. -74. Phone.: (99861) 222 49 10; e-mail: tatunf@tatunf.uz).

Abstract of the dissertation was distributed on «15» July 2024.  
(mailing report № «2» on «12» July 2024)



*B.T. Kaipbergenov*

**B.T. Kaipbergenov**  
Chairman of scientific council for degrees,  
Doctor of technical sciences, professor

**R.I. Oteniyazov**  
Scientific secretary of the scientific council on awarding  
scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, professor

**K.K. Seitnazarov**  
Chairman of the scientific seminar,  
Doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The purpose of the study** consists of developing information-analytical systems aimed at modeling geomigration processes in increasing the efficiency of automated monitoring of the underground hydrosphere.

**The object of the research work** is groundwater monitoring processes and mining geology and hydrogeological information systems were obtained.

**The scientific novelty of the research work** is as follows:

in conducting hydrogeological monitoring, a method for determining changes in the state of underground water was developed based on the model of information flows and automated measurement;

the mathematical model and geoinformation structure of the monitoring processes describing the hydroregime factors and hydrogeological conditions of natural and man-made systems have been developed;

a mathematical model of geofiltration and geomigration processes of hydrogeological systems, numerical solution algorithms and a software tool were developed to justify the prospects of underground water deposits;

methods of information supply of hydrogeology and engineering geology systems, analysis of information resource management processes, decision support activities have been developed.

**Implementation of research results.** Based on the results of geomigration process modeling and effective numerical calculation algorithms based on automated monitoring of the underground hydrosphere:

creation of information flow model in hydrogeological monitoring, mathematical model of regional distribution characteristics of information-analytical systems and geoinformation structure of monitoring processes describing hydrogeological conditions was introduced in the objects of the Akhangaron hydrogeological station of the State Unitary Enterprise "Uzbekhydrogeology" of the State Committee of Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan. (Reference No. 03-8/17 February 05, 2022 of the Ministry of Information Technologies and Communications Development of the Republic of Uzbekistan) As a result, it was possible to predict water mineralization and water level changes in hydrosphere layers, as well as to reduce the time and effort spent on engineering calculations by 4-6%;

information supply of systems hydrogeology and engineering geology, analysis of information resource management processes, methods of supporting decision-making activities, mathematical model of geomigration processes of hydrogeological systems, numerical solution algorithms and software tools in substantiating the prospect of aquifers was introduced in the facilities of the Akhangaron hydrogeological station of the "Uzbekhydrogeology" State Unitary Enterprise of the State Committee for Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan (Reference No. 03-8/17 February 05, 2022 of the Ministry of Information Technologies and Communications Development of the Republic of Uzbekistan). As a result, the change in the quality of underground water during the geomigration process was evaluated, and it allowed to reduce the time and labor spent on engineering calculations by 0,2 times

**Structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and references. The volume of the research is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Axralov Sh.S. Hidrogeologik monitoring axborot tizimining kognitiv modeli tizimlashtirish va tashkil etish tamoyillari // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. - T., 2024. - № 1. 78-81 b. (05.00.00, № 31).

2. Axralov Sh.S., Yusupov R.A., Egamberdiyev X.C., Begimqulov D.Q., Jumanov J.J., Sayfullaeva N.A., Ishanxodjayev O.A. Mathematical Modeling of Hydrogeological Processes on the Base of Geoinformation Technologies // India. International journal of advanced research in science, engineering and technology. Impact Factor: 6.126. 2020. - Vol. 7. - Issue 2. - P. 12915-12925. (05.00.00, № 8).

3. Djumanov J.J., Axralov Sh.S. Modeling of underground hydrosphere monitoring processes based on information systems // Descendants of Muhammad al-Khorezmi” scientific-practical and information-analytical journal. - 2024. - № 1. P. 30-33. (05.00.00, № 31).

4. Ахралов Ш.С., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С., Ишанходжаев О.А. Ер ости сувлари геофилтрация жараёнларини моделлашнинг дастурий таъминотини ишлаб чиқиш // ТАТУ хабарлари. - 2020. - № 3 (55). - 34-45 б. (05.00.00, № 31).

5. Ахралов Ш., Айтметов Б., Юсупов Р. Геоинформационные технологии и методы математического моделирования в гидрогеологических исследованиях // Вестник НУУз. - 2021. - № 31. -С. 133-138. (01.00.00, № 8).

6. Akhralov Sh.S., Yusupov R.A., Mirzanova N.M., Axrorov F.U. Geoinformation modeling of hydrogeological processes of the Akhangaran underground water field // The American journal of applied sciences. Impact Factor: 7.3. <http://doi.org/10.37547/tajas/volume 02. Issue 08-10. 2020.> - Vol. 2. - Issue 8.

7. Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С., Ишанходжаев О.А., Ахралов Ш.С. Ер ости сувлари геофилтрация жараёнларини моделлашнинг дастурий таъминотини ишлаб чиқиш // “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. - 2020. -№ 4(14) -33-38б. (05.00.00, №10).

8. Джуманов Ж.Х., Эгамбердиев Х.С., Юсупов Р.А., Ишанходжаев О.А., Ахралов Ш.С. Математическое моделирование процессов геофилтрации подземных вод в многослойных средах (на примере Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод) // Вестник ТУИТ. - 2019. - № 3 (51). - С. 85-99. (05.00.00, № 31).

9. Ахралов Ш.С., Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С., Исроилов У.Б. Сув хўжалик фаолияти ўзгарган шароитларда ер ости сувлари ҳаракатини математик моделлаш (Зарафшон воҳасининг Дамхўжа сув олиш иншооти мисолида) // “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. - 2019. - № 4 (10). - 132-136 б. (05.00.00, № 10).

10. Юсупов Р.А., Ахралов Ш.С., Ишанходжаев О. Геоахборот тизимларини телекоммуникация технологиялари соҳасида қўлланилиши // “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. - 2020. - № 1 (11). - 41-47 б. (05.00.00, № 10).

### **II бўлим (II часть, II part)**

11. Ahralov Sh.S., Jumanov J.J. Axborot tizimlari asosida yer osti gidrosferasini monitoringi jarayonlarini modellashtirish // “Fizika, matematika va informatika” ilmiy uslubiy jurnal. - 2023. - № 6. - 172-181 b. (13.00.00, № 100).

12. Akhralov Sh.S., Jumanov J.J. Mathematical modeling in hydrogeological research // Indiya. ACADEMICIA an international multidisciplinary research journal (Double Blind Refereed & Peer Reviewed Journal). September 2021. - Vol. 11. - Issue 9. Impact Factor: = 7.492 SJIF 2021. - 431-439 b.

13. Akhralov Sh.S., Yusupov R.A., Egamberdiev Kh., Jumanov J.J. Geoinformation technologies and methods of mathematical modeling in hydrogeological research // International Conference on GI Support of Sustainable Development of Territories. - Moscow, Russian Federation, 2020. - Vol. 26. - P. 240-252. Код 163841 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85099949145&doi=10.35595%2f2414-9179-2020-2-26-240-252&origin=inward&txGid=99c868f5183112ce87eca60c32a5a47c>.

14. Djumanov J.J., Axralov Sh.S. Kompyuterli modelashning yer osti gidrosferasini axborot tizimlari va manitoringida qo‘llanilishi // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti. Oliy ta‘limni raqamlashtirish sharoitida innovatsion o‘qitish texnologiyalarini qo‘llash masalalari respublika ilmiy – uslubiy anjumani. - 2024. - 250-252 b.

15. Axralov Sh.S. Studying the drawing processes of groundwater levels and mineralization on the basis of solving return problems in the model // Journal of economics and society. - 2021. - № 12 (91).

16. Axralov Sh.S., Yusupov R.A., Mirzanova N.M., Nasiriddinov A.N. Fraktal tuzilishga ega bo‘lgan g‘ovakli muhitdagi geofiltratsiya va geomigratsiya jarayonlarining matematik modellari // Tadqiqotuz jurnali. Texnika fanlari. - 2020. - № 5. DOI <http://dx.doi.org/10.26739/2181-9696-2020-5>. - 39-45 b.

17. Djumanov J.J., Axralov Sh.S. Geomigratsiya jarayonlarini matematik modellashtirish usullari va axborot muxitining tuzilishi // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti. Oliy ta‘limni raqamlashtirish sharoitida innovatsion o‘qitish texnologiyalarini qo‘llash masalalari respublika ilmiy – uslubiy anjumani. - 2024. - 260-263 b.

18. Джуманов Ж.Х., Мирюсупов З.З., Юсупов Р.А., Ахралов Ш.С., Анорбоев Э.А. К вопросу практического применения «BIG DATA» в гидрогеологических исследованиях BIG DATA и анализ высокого уровня // Мат-лы V междунар. науч.-практ. конф. В двух частях. Ч. 1. - Минск, Республика Беларусь, 2019. - С. 100-110.

19. Ахралов Ш.С., Юсупов Р.А. Методы моделирования процессов минерализации и состава подземных вод // Таълим фидоилари илмий услубий журнал. - 2021. - № 10. - 3-қисм. - С. 195-205.

20. Yusupov R.A., Axralov Sh.S. Modelda teskari masalalar yechish asosida yer osti suvlari satxi va minerallashuvining sizilish jarayonlarini tadqiq qilish // Pedagogika va psixologiyada innovatsiyalar jurnali. -2021. -№ 9. - 15-22 b.

21. Ahralov Sh.S., Jumanov J.J. Geofiltratsiya jarayonlarining tavsiflovchi jarayonlarni tarkibiy moellashtirish algoritmi // Междунар. науч.-образов. электронный журнал «Образование и наука в XXI веке». - 2021. - № 19 (2-қисм). - С. 533-538.

22. Ахралов Ш.С., Юсупов Р.А., Жуманов Ж.Ж. Обоснование геофильтрационной схематизации математической модели для определения расчетных гидрогеологических параметров (на примере Дамходжинского водозабора) // Materials of the international online distance conference on Modern informatics and ITS teaching methods (MITM 2020). Andijan state university. DOI 10.26739/conf\_20/05/2020\_2. Section II. Information processing methods and algorithms. - 2020. - Part 2. - P. 3-7.

23. Джуманов Ж.Х., Насридинов А.Н., Ахралов Ш.С. Грунтлардаги сув окими турлари Муҳаммад Ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари унверситети Фарғона филиали // Ахборот-коммуникацияларининг замонавий муамолари ва ечимлари Республика илмий-техник анжумани. - Фарғона, 2019. - Б. 221-224.

24. Djumanov J.X., Yusupov R.A., Egamberdiyev X.S., Axralov Sh.S. Yer osti suvlari harakatini bashorat qiluvchi dastur // O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. Talabnoma raqami № DGU 07070. 19.06.2019.

25. Yusupov R.A., Axralov Sh., Egamberdiyev H. Yer osti suvlari harakatini modellashtirish dasturi // O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma № DGU 13441. 05.12.2021

Avtoreferat «Muhammad al-Xorazmiy avlodlari» ilmiy jurnali  
tahririyatida tahrirdan o'tkazildi hamda o'zbek, rus va ingliz tillaridagi  
matnlarini mosligi tekshirildi. . (№290 "05" 06. 2024 yil)