

UDC 556.3:550.8:004.9

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-m.03>

YER OSTI SUVLARINI INNOVATION GEOTEKNOLOGIYALAR ASOSIDA QIDIRISHNING INTEGRATSIYALASHGAN MODELII

Yarboboyev To'liq Nurboboyevich – texnika fanlari nomzodi, professor,

E-mail: tulkin-9@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4710-3782, Science ID: FQD-0925-0096

Ochilov Ilyos Saidovich – geologiya-mineralogiya fanlari falsafa doktori, dotsent,

E-mail: i_ochilov83@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1377-9140, Science ID: FQD-0626-0054

Qosimova Karima Yodgor qizi – magistrant, E-mail: qosimovakarima77@gmail.com,

ORCID: 0009-0009-1735-6365, Science ID: MQD-0226-0119.

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

Annotatsiya. Maqolada yer osti suvlarini geologik-qidirish jarayonida innovatsion texnologiyalarni kompleks qo'llash masalalari o'rganilgan. Tadqiqot davomida masofadan zondlash, geoaxborot tizimlari, gidrogeofizik usullar hamda sun'iy intellekt asosidagi modellashirish texnologiyalarining yer osti suvlarini aniqlashdagi samaradorligi tahlil qilindi. Xorijiy davlatlar tajribasi va O'zbekiston sharoitida qo'llanilayotgan texnologiyalar taqqoslab o'rganildi. Tadqiqot natijasida yer osti suvlarini qidirishda innovatsion texnologiyalarni integratsiyalashgan holda qo'llashga asoslangan geologik-texnologik model taklif etildi. Taklif etilgan model geologik, geofizik va raqamli texnologiyalarni yagona tizimda birlashtirish orqali qidiruv jarayonining aniqligi va samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari yer osti suv resurslaridan oqilona foydalanish va ularni barqaror boshqarish bo'yicha ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: yer osti suvlari, gidrogeologiya, innovatsion texnologiyalar, GIS, masofadan zondlash, gidrogeofizik usullar, sun'iy intellekt, geologik-qidirish.

UDC 556.3:550.8:004.9

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАЗВЕДКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

Ярбобоев Тулкин Нурбобоевич – кандидат технических наук, профессор;

Очилов Илёс Саидович – доктор философии по геолого-минералогическим наукам, доцент;

Косимова Карима Ёдгор кизи – магистрант.

Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы применения инновационных технологий при геолого-поисковых работах по изучению подземных вод. Проанализирована эффективность использования дистанционного зондирования Земли, геоинформационных систем, гидрогеофизических методов и цифрового моделирования на основе искусственного интеллекта при выявлении водоносных горизонтов. Проведено сравнительное изучение зарубежного опыта и практики применения современных технологий в Узбекистане. В результате исследования предложена интегрированная геолого-технологическая модель поиска подземных вод на основе комплексного применения инновационных технологий. Предложенная модель объединяет геологические, геофизические и цифровые методы в единую систему и позволяет повысить точность и эффективность геолого-поисковых работ. Полученные результаты имеют научно-практическое значение для рационального использования и устойчивого управления ресурсами подземных вод.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеология, инновационные технологии, геоинформационные системы, дистанционное зондирование, гидрогеофизические методы, искусственный интеллект, геологоразведка.

UDC 556.3:550.8:004.9

INTEGRATED MODEL FOR GROUNDWATER EXPLORATION BASED ON INNOVATIVE GEOTECHNOLOGIES

Yarboboev, Tulkin - Candidate of Technical Sciences, Professor

Ochilov, Ilyos - Doctor of Philosophy in Geological and Mineralogical Sciences, Associate
Professor

Kosimova, Karima – Master's student.

Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *The article examines the application of innovative technologies in geological exploration for groundwater resources. The efficiency of remote sensing, geographic information systems (GIS), hydrogeophysical methods, and artificial intelligence-based modeling in identifying groundwater reservoirs is analyzed. International experience and the use of modern technologies in Uzbekistan are comparatively studied. Based on the research results, an integrated geological-technological model for groundwater exploration using innovative technologies is proposed. The proposed model combines geological, geophysical, and digital technologies into a unified system, which significantly improves the accuracy and efficiency of groundwater exploration. The results of the study have scientific and practical significance for the rational use and sustainable management of groundwater resources.*

Keywords: *groundwater, hydrogeology, innovative technologies, GIS, remote sensing, hydrogeophysical methods, artificial intelligence, geological exploration.*

Kirish

Yer osti suvlari aholi va sanoatni ichimlik va texnik suv bilan ta'minlashda strategik ahamiyatga ega bo'lgan tabiiy resurs hisoblanadi. Iqlim o'zgarishi, aholi soni o'sishi va sanoatlashuv sharoitida suvga bo'lgan talab ortib borayotgani yer osti suvlarini aniq, tez va iqtisodiy samarali usullar bilan geologik-qidirishni taqozo etmoqda. An'anaviy geologik-qidirish usullari ma'lum darajada samara bergan bo'lsa-da, hozirgi kunda innovatsion texnologiyalarni joriy etish qidirish ishlarining aniqligi va ishonchliligini sezilarli darajada oshirmoqda.

Yer osti suvlarini o'rganish turli xil iqtisodiy vazifalarni hal qilishda olib borilgan gidrogeologik tadqiqotlarning umumiy majmuasida juda muhim rol va ahamiyatga ega. Yer osti suvlarini o'rganish maqsadida muntazam gidrogeologik kuzatuvlar yer osti suvlarining hosil bo'lish jarayonlarining miqdoriy tavsifini berishga, ularning miqdori, sifati va xususiyatlaridagi o'zgarishlarning asosiy qonuniyatlarini aniqlashga va yer osti suvlarini oqilona o'zlashtirish va himoya qilish yo'llarini, ularning zararli ta'siriga qarshi kurash choralari tarkibini va ularning rejimini boshqarish usullarini asoslash uchun ushbu qonuniyatlardan foydalanishga imkon beradi. Kelajakda ushbu tadqiqotlarning roli va ahamiyati oshadi, chunki hududni gidrogeologik o'rganish kuchayadi, kuzatuvlar tarmog'i rivojlanadi va har xil gidrogeologik bashoratlarni amalga oshirish uchun statsionar kuzatuvlar natijalaridan foydalanish usullari yaxshilanadi. Yer osti suvlarining rejimi va balansini kuzatish ma'lumotlari nafaqat muhandislik bashoratlarning yuqori ishonchliligi va asoslilikini, balki gidrogeologik izlanishlar va tadqiqotlarning iqtisodiy samaradorligini sezilarli darajada oshirishni ta'minlaydi. Global iqlim o'zgarishi va aholi sonining ko'payishi sharoitida yer osti suvlari zaxiralaridan oqilona foydalanish muammosi tadqiqotlar uchun muhim vazifa bo'lib qolmoqda.

Uslublar va materiallar

Tadqiqot obyekti sifatida yer osti suvlarini geologik-qidirish ishlari olingan. Tadqiqot predmetini esa mazkur sohada xorijiy davlatlar va O'zbekistonda qo'llanilayotgan innovatsion texnologiyalar, ularning qidirish samaradorligiga ta'siri hamda amaliy qo'llanilish xususiyatlari tashkil etadi.

Mazkur tadqiqotda yer osti suvlarini geologik-qidirish ishlarida innovatsion texnologiyalarni qo'llash bo'yicha xorijiy davlatlar va O'zbekiston tajribasini o'rganish maqsadida kompleks ilmiy yondashuv qo'llanildi. Tadqiqotning metodologik asosini quyidagi usullar tashkil etdi.

Birinchi bosqichda gidrogeologiya, geofizika, geoaxborot tizimlari va masofadan zondlash sohalariga oid xorijiy va milliy ilmiy manbalar tahlil qilindi. Ilmiy maqolalar, dissertatsiyalar, sohaviy hisobotlar hamda normativ-metodik hujjatlar o'rganilib, innovatsion texnologiyalarning qo'llanilish yo'nalishlari aniqlandi.

Xorijiy davlatlar va O'zbekiston tajribasini baholashda taqqoslama-tahliliy usul qo'llanildi. Bu usul orqali yer osti suvlarini geologik-qidirishda qo'llanilayotgan texnologiyalarning samaradorligi, texnik imkoniyatlari va amaliy ahamiyati taqqoslandi.

Olingan natijalar tizimli yondashuv asosida umumlashtirildi va ilmiy xulosalar chiqarildi.

Natijalar va muhokama

Yer osti suvlari gidrogeologik tuzilmalarda tarqalgan bo'lib, ularning joylashuvi litologiya, tektonika, relyef va iqlim omillari bilan uzviy bog'liq. Geologik-qidirish jarayonida suv o'tkazuvchan qatlamlarni, suv to'plovchi tuzilmalarni va suv sifatini aniqlash muhim hisoblanadi. Shu bois, kompleks yondashuv – geologik, geofizik va gidrogeologik ma'lumotlarni birlashtirish – asosiy talabdir.

Yer osti suvlari foydali qazilma bo'lib, uning zaxiralari boshqa turdagi foydali qazilmalardan farqli o'laroq, ishlatish paytida qayta tiklanadi. Chegarasida foydalanish uchun iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo'lgan miqdordagi, belgilangan konditsiyalarga javob beradigan, ma'lum bir tarkibli yer osti suvlarini qazib chiqarish uchun sharoitlar mavjud bo'lgan suvli gorizontlar va ularning komplekslarining maydonlari yer osti suvlari konlari deb ataladi. Foydalanish xususiyatiga ko'ra yer osti suvlari 4 turga bo'linadi: ichimlik va texnik, maishiy-ichimlik va sanoat suv ta'minoti, yerlarni sug'orish va yaylovlarni sug'orish uchun ishlatiladi; balneologik maqsadlarda va oshxona ichimliklari sifatida ishlatiladigan dorivor mineral suvlar; issiqlik energiyali (shu jumladan bug'-suv aralashmalari) – sanoat, qishloq xo'jaligi va fuqarolik obyektlarini issiqlik bilan ta'minlash uchun va ba'zi hollarda elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun; sanoat suvlari – qimmatli komponentlarni olish uchun ishlatiladi. Ba'zi hollarda yer osti suvlari mineralli va issiqlik energiyali, sanoat va issiqlik energiyali hisoblanadi, shuning uchun ularga kompleks foydali qazilmalar sifatida qaraladi.

Suv ta'minoti uchun gidrogeologik tadqiqotlar quyidagi bosqichlar bo'yicha ma'lum bir ketma-ketlikda amalga oshiriladi: izlash (umumiy va batafsil); dastlabki qidiruv; batafsil qidiruv; ekspluatatsion qidiruv [1]. Yer osti suvlarini an'anaviy qidirish usullari — geologik, gidrogeologik, geofizik, gidrologik va geobotanik yondashuvlar — o'zaro bog'liq va bir-birini to'ldiruvchi kompleks tizimni tashkil etadi. Ushbu usullar tabiiy muhitning turli komponentlarini chuqur tahlil qilish orqali suvli gorizontlarni aniqlash, ularning zaxirasini baholash hamda gidrodinamik xususiyatlarini ochib berish imkonini beradi.

Yer osti suvlarini geologik-qidirishning an'anaviy usullariga geologik xaritalash, quduq burg'ulash, gidrogeologik kuzatuv va boshqalar kiradi. Bu usullar ishonchli bo'lsa-da, vaqt va xarajatlarning yuqoriligi, hamda mahalliy masshtabda ma'lumot berish bilan cheklanadi. Shu sababli katta hududlarni qamrab olish va tezkor baholash uchun innovatsion texnologiyalarga ehtiyoj ortdi.

Dunyo amaliyotida Avstraliya, Kanada va Yevropa davlatlarida innovatsion texnologiyalar yordamida yer osti suvlarini qidirish samaradorligi 30–50% ga oshgani qayd etilgan. O'zbekiston sharoitida ham Geoaxborot tizimlari (GIS) va masofadan zondlash (RS) asosida qator istiqbolli hududlar aniqlangan. Innovatsion texnologiyalar geologik-qidirish ishlarini tezlashtirish va xarajatlarni kamaytirish imkonini bersa-da, yuqori malakali mutaxassislar va texnik ta'minot talab qiladi. Shuningdek, mahalliy geologik sharoitlarni hisobga olish muhim. Yer osti suvlarini geologik-qidirishda innovatsion texnologiyalar taqqoslanishi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Yer osti suvlarini geologik-qidirishda qo'llaniladigan innovatsion texnologiyalar va ularning asosiy xususiyatlari

№	Texnologiya turi	Asosiy vazifasi	Afzalliklari	Qo'llaniladigan davlatlar
1	Masofadan zondlash (RS)	Dastlabki baholash	Katta hudud, tezkorlik	AQSH, Avstraliya, O'zbekiston
2	GIS texnologiyalari	Ma'lumotlarni integratsiya qilish	Kompleks tahlil	AQSH, Kanada, O'zbekiston
3	ERT usuli	Suvli qatlamlarni aniqlash	Yuqori aniqlik	Germaniya, Fransiya
4	Elektromagnit usullar	Chuqur suvli gorizontlar	Chuqur tadqiqot	Avstraliya
5	SNMR	Suv hajmini baholash	To'g'ridan-to'g'ri baho	Fransiya, Daniya
6	AI va ML	Bashorat va riskni kamaytirish	Yuqori samaradorlik	AQSh, Yaponiya

I. Xorijiy davlatlar tajribasi.

So'nggi yillarda yer osti suvlarini geologik-qidirish ishlarida innovatsion texnologiyalardan foydalanish masalasi jahon ilmiy hamjamiyatida dolzarb yo'nalishlardan biri sifatida keng o'rganilmoqda. Suv resurslarining cheklanganligi, iqlim o'zgarishi hamda antropogen ta'sirning kuchayishi geologik-qidirish ishlarini ilmiy asoslangan, yuqori aniqlikka ega zamonaviy usullar yordamida amalga oshirishni taqozo etmoqda.

1. Masofadan zondlash va geoaxborot tizimlari.

Masofadan zondlash (Remote Sensing) texnologiyalari yer osti suvlarini qidirishda dastlabki baholash bosqichida muhim ahamiyatga ega. Sputnik kuzatuvlari (Landsat, Sentinel, GRACE) orqali yer yuzasi namligi, tektonik chiziqlar, relyef va geologik strukturalar aniqlanadi.

Geoaxborot tizimlari (GIS) esa turli manbalardan olingan ma'lumotlarni (geologik xaritalar, gidrologik ko'rsatkichlar, sputnik tasvirlari) yagona platformada integratsiya qilish imkonini beradi. AQSH va Kanadada GIS asosida yer osti suvlari potensialini baholash bo'yicha milliy dasturlar amalga oshirilmoqda.

2. Hidrogeofizik qidirish usullari.

Xorijiy amaliyotda yer osti suvlarini aniqlashda quyidagi hidrogeofizik usullar keng qo'llaniladi:

2.1. Elektr qarshilik tomografiyasi (ERT).

Bu usul Germaniya, Fransiya va Xitoyda keng tarqalgan bo'lib, suv bilan to'yingan qatlamlarni past elektr qarshiligi orqali aniqlash imkonini beradi.

2.2. Elektromagnit usullar (TDEM, VLF).

Avstraliya va Janubiy Afrikada chuqur joylashgan suvli gorizontlarni qidirishda samarali qo'llaniladi.

2.3. Yadro-magnit rezonansi (SNMR).

Fransiya va Daniyada ishlab chiqilgan ushbu usul yer osti suvlarining hajmi va gidravlik xususiyatlarini to'g'ridan-to'g'ri baholash imkonini beradi.

3. Sun'iy intellekt va raqamli modellash.

So'nggi yillarda sun'iy intellekt (AI) va mashinali o'qitish (ML) algoritmlari yer osti suvlarini qidirishda muhim o'rin egallamoqda. AQSH, Yaponiya va Koreya Respublikasida neyron tarmoqlar yordamida suvli zonalarni bashorat qilish, qidirish xatarlarini kamaytirish va zaxiralarni baholash aniqligini oshirishga erishilmoqda. Raqamli hidrogeologik modellar (MODFLOW, FEFLOW) orqali suv harakati va zaxiralar dinamikasi modellashiriladi.

Xorijiy davlatlarda innovatsion texnologiyalarni qo'llash natijasida quyidagilarga erishilgan:

- AQSH: USGS tomonidan milliy yer osti suvlari monitoring tizimi joriy etilgan;

- Germaniya: UFZ instituti integratsiyalangan gidrogeofizik tadqiqotlarni amalga oshiradi;
- Fransiya: WATEX texnologiyasi orqali Afrika va Osiyoda katta muvaffaqiyatlarga erishilgan;
- Isroil: suv resurslarini boshqarishda raqamli monitoring va sensor tizimlaridan foydalanadi

[2-7].

II. O'zbekiston tajribasi.

O'zbekiston Respublikasi hududida iqlimning quriqligi, suv resurslariga bo'lgan talabning yil sayin ortib borishi hamda qishloq xo'jaligi va sanoatning rivojlanishi yer osti suvlarini o'rganish va samarali boshqarishni strategik vazifaga aylantirmoqda. An'anaviy gidrogeologik tadqiqotlar bilan bir qatorda, so'nggi yillarda innovatsion texnologiyalarni joriy etish orqali geologik-qidirish ishlarining aniqligi va samaradorligini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

1. O'zbekistonda yer osti suvlarini o'rganish tizimi.

O'zbekistonda yer osti suvlarini o'rganish va monitoring qilish ishlari asosan davlat tashkilotlari, ilmiy-tadqiqot institutlari va oliy ta'lim muassasalari tomonidan amalga oshiriladi. Jumladan, "O'zbekgidrogeologiya" davlat korxonasi yer osti suvlarining zaxiralari, rejimi va sifati bo'yicha muntazam kuzatuvlarni olib boradi.

So'nggi yillarda gidrogeologik ma'lumotlarni raqamlashtirish, yagona elektron ma'lumotlar bazasini shakllantirish va GIS asosida xaritalash ishlari amalga oshirilmoqda.

2. Geoaxborot tizimlari va raqamli ma'lumotlar.

Geoaxborot tizimlari (GIS) O'zbekistonda yer osti suvlarini qidirish va baholashda asosiy innovatsion vositalardan biri hisoblanadi. GIS orqali gidrogeologik va geologik xaritalarni raqamlashtirish, kuzatuv quduqlari ma'lumotlarini tahlil qilish va suv sathi va sifatining hududiy o'zgarishini baholash amalga oshirilmoqda. Ilmiy tadqiqotlarda GIS va matematik modellash usullarini uyg'un qo'llash orqali suv zaxiralarini bashorat qilish aniqligi oshirilmoqda.

3. Masofadan zondlash va sputnik ma'lumotlari.

Masofadan zondlash texnologiyalari O'zbekiston sharoitida keng hududlarni qamrab olgan dastlabki gidrogeologik baholash ishlarida samarali qo'llanilmoqda. Sputnik tasvirlari yordamida yer yuzasi relyefi, tektonik chiziqlar, suv yig'ilish hududlari va namlik indikatorlari aniqlanadi. Ayrim tadqiqotlarda yer osti suvlarining rejimi va dinamikasini baholashda sputnik ma'lumotlarini GIS bilan integratsiya qilish orqali kompleks tahlil usullari ishlab chiqilgan.

4. Avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari.

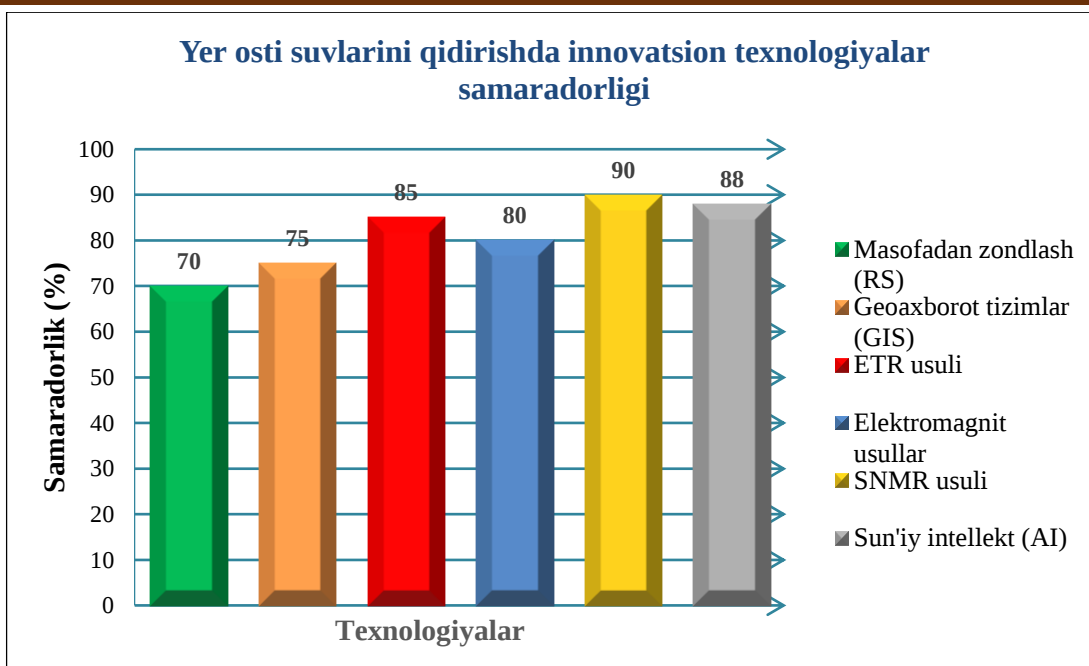
So'nggi yillarda O'zbekistonda yer osti suvlarini monitoring qilishda avtomatlashtirilgan kuzatuv quduqlarini joriy etishga e'tibor kuchaydi. Bunday tizimlar suv sathi va haroratini real vaqt rejimida o'lchash, ma'lumotlarni markaziy serverga uzatish va tezkor tahlil va qaror qabul qilish imkonini beradi. Bu usullar suv resurslarini boshqarishda inson omili ta'sirini kamaytiradi va ma'lumotlar ishonchligini oshiradi.

5. Gidrogeologik modellash

O'zbekiston olimlari tomonidan MODFLOW va boshqa raqamli modellar asosida yer osti suvlarining harakati va zaxiralari modellashtirilmoqda. Farg'ona vodiysi, Toshkent viloyati va Qashqadaryo havzalarida amalga oshirilgan tadqiqotlar bu usullarning yuqori samaradorligini ko'rsatdi.

Yuqorida keltirilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, yer osti suvlarini geologik-qidirish ishlarida innovatsion texnologiyalardan foydalanish qidirish aniqligini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va suv resurslaridan barqaror foydalanishni ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Yer osti suvlarini muhofaza qilishda innovatsion texnologiyalarni qo'llash suv resurslaridan barqaror foydalanish va ekologik xavfsizlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Xalqaro tajribalar shuni ko'rsatmoqdaki, innovatsion yechimlar ekologik barqarorlikka erishish va iqtisodiy o'sishni ta'minlashda asosiy omil hisoblanadi. O'zbekistonda amalga oshirilayotgan dasturlar va xalqaro hamkorlik bu sohada muhim natijalarga erishish imkonini beradi [8-16].



1-rasm. Yer osti suvlarini qidirishda innovatsion texnologiyalar samaradorligining taqqoslama grafigi.

Mazkur grafik (1-rasm) yer osti suvlarini qidirishda qo'llaniladigan innovatsion texnologiyalarning nisbiy samaradorligini ko'rsatadi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, gidrogeofizik tadqiqot usullari, xususan ERT, elektromagnit usullar va SNMR yuqori aniqlik bilan suvli qatlamlarni aniqlash imkonini beradi. Sun'iy intellekt va raqamli modellash usullari esa yer osti suv resurslarini prognoz qilish va baholash jarayonida yuqori samaradorlikka ega. Masofadan zondlash va geoaxborot tizimlari texnologiyalari esa katta hududlarni dastlabki tahlil qilish hamda istiqbolli gidrogeologik zonalarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Yuqorida keltirilgan tahlillar asosida yer osti suvlarini qidirish jarayonini takomillashtirish maqsadida innovatsion texnologiyalarni integratsiyalashgan holda qo'llash modeli taklif etildi.

Innovatsion texnologiyalar asosida integratsiyalashgan model.

Yer osti suvlarini geologik-qidirish ishlarida turli innovatsion texnologiyalarni kompleks qo'llash qidiruv jarayonining aniqligi va samaradorligini oshirish imkonini beradi. Mazkur tadqiqot natijalari asosida yer osti suvlarini aniqlash va baholash jarayonini takomillashtirishga qaratilgan innovatsion texnologiyalar asosida integratsiyalashgan model taklif etildi. Modelni quyidagi funksiya orqali ifodalash mumkin:

$$GWP = f(RS + GIS + GF + AI),$$

bu yerda: GWP – yer osti suvlarining potentsiali; RS – masofadan zondlash ma'lumotlari; GIS – geoaxborot tizimi tahlili; GF – gidrogeofizik tadqiqotlar; AI – sun'iy intellekt va modellash.

Taklif etilgan model bir nechta bosqichlardan iborat bo'lib, u geologik, geofizik va raqamli texnologiyalarni yagona tizimga birlashtirish tamoyiliga asoslanadi. Modelning dastlabki bosqichida hududning geologik va gidrogeologik xususiyatlari tahlil qilinib, mavjud geologik xaritalar, litologik ma'lumotlar va gidrogeologik kuzatuv natijalari umumlashtiriladi.

Keyingi bosqichda masofadan zondlash texnologiyalari yordamida hududning relyefi, tektonik chiziqlari, drenaj tarmoqlari hamda namlik indikatorlari aniqlanadi. Olingan ma'lumotlar geoaxborot tizimlari orqali integratsiya qilinib, hududiy tahlil amalga oshiriladi va istiqbolli suvli zonalar aniqlanadi. Taklif etilgan integratsiyalashgan modelning konseptual sxemasi 2-rasmda keltirilgan.

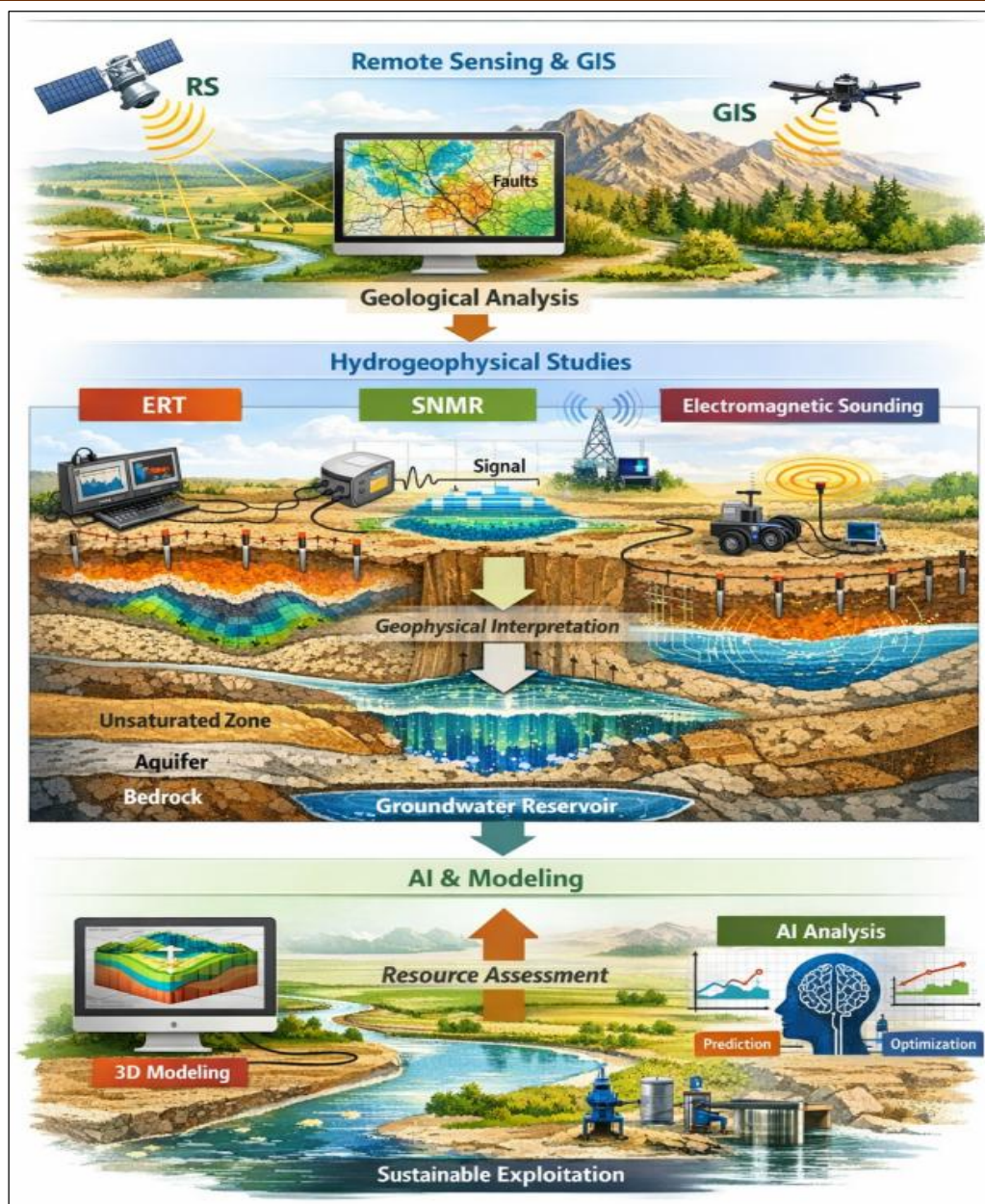


2-rasm. Yer osti suvlarini innovatsion texnologiyalar asosida qidirishning konseptual modeli.

Modelning navbatdagi bosqichida gidrogeofizik tadqiqot usullari (ERT, elektromagnit usullar va SNMR) qo'llanilib, suvli qatlamlarning chuqurligi, qalinligi hamda gidrogeologik parametrlari aniqlashtiriladi. Yakuniy bosqichda sun'iy intellekt va raqamli modellash usullari asosida yer osti suvlarining potentsiali, zaxiralari va ekspluatatsiya imkoniyatlari baholanadi.

Taklif etilgan integratsiyalashgan model yer osti suvlarini qidirish jarayonining kompleks va tizimli tashkil etilishini ta'minlaydi. Ushbu yondashuv qidiruv ishlarining aniqligini oshirish, tadqiqot vaqtini qisqartirish hamda gidrogeologik tadqiqotlarning iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Taklif etilgan geologik-texnologik modelning umumiy sxemasi 3-rasmda keltirilgan.

Mazkur sxema yer osti suvlarini qidirish jarayonining geologik va texnologik bosqichlarini integratsiyalashgan holda aks ettiradi. Modelda yer osti suvlarini aniqlash jarayoni bir necha o'zaro bog'liq bosqichlardan iborat bo'lib, ular zamonaviy innovatsion texnologiyalarni kompleks qo'llashga asoslanadi.



3-rasm. Yer osti suvlarini qidirishning geologik-texnologik modeli.

Jarayonning dastlabki bosqichida masofadan zondlash va geoaxborot tizimlari yordamida hududning geologik tuzilishi, relyef xususiyatlari hamda tektonik chiziqlari aniqlanadi. Ushbu ma'lumotlar asosida istiqbolli gidrogeologik hududlar tanlab olinadi. Keyingi bosqichda gidrogeofizik tadqiqot usullari, jumladan elektr qarshilik tomografiyasi (ERT), elektromagnit usullar hamda yadro-magnit rezonansi (SNMR) yordamida suvli qatlamlarning chuqurligi, qalinligi va gidrogeologik parametrlari aniqlashtiriladi.

Geofizik ma'lumotlarning tahlili natijasida suv o'tkazuvchi qatlamlar va suv to'plovchi gorizontlarning joylashuvi aniqlanadi. Yakuniy bosqichda sun'iy intellekt va raqamli modellashtirish usullari asosida yer osti suv resurslarining potentsiali baholanadi hamda ularning barqaror ekspluatatsiyasi uchun ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqiladi. Ushbu geologik-texnologik model yer osti suvlarini qidirish jarayonining aniqligi va samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Xulosa

Olib borilgan tadqiqotlar yer osti suvlarini geologik-qidirish jarayonida innovatsion texnologiyalarni kompleks qo'llash qidiruv ishlarining aniqligi va samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatdi. Masofadan zondlash, geoaxborot tizimlari, gidrogeofizik usullar hamda sun'iy

intellektga asoslangan modellashtrish texnologiyalarining integratsiyalashgan holda qo'llanilishi yer osti suvlarini aniqlash va baholash jarayonini yanada takomillashtirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijasida yer osti suvlarini qidirishda innovatsion geotexnologiyalarni kompleks qo'llashga asoslangan integratsiyalashgan geologik-texnologik model taklif etildi. Ushbu model geologik, geofizik va raqamli ma'lumotlarni yagona tizimda birlashtirish orqali istiqbolli suvli zonalarini aniqlash, suvli qatlamlarning parametrlari va zaxiralarini baholash imkonini beradi.

Xorijiy davlatlar tajribasi tahlili shuni ko'rsatdiki, innovatsion texnologiyalarni qo'llash yer osti suvlarini qidirish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi hamda qidiruv ishlarining iqtisodiy samaradorligini ta'minlaydi. O'zbekiston sharoitida ham geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash texnologiyalari va gidrogeofizik usullarni joriy etish istiqbolli gidrogeologik hududlarni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Taklif etilgan integratsiyalashgan model yer osti suvlarini qidirish jarayonini ilmiy asosda tashkil etish, tadqiqot vaqtini qisqartirish va qidiruv ishlarining aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Kelgusida innovatsion geotexnologiyalarni keng joriy etish yer osti suv resurslarini barqaror boshqarish va ulardan oqilona foydalanishni ta'minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Adabiyotlar

- [1] Yarboboyev T.N. va b. Foydali qazilma konlarini geologik-iqtisodiy baholash. – Qarshi 2025. – 370 b.
- [2] Todd D.K., Mays L.W. Groundwater Hydrology. Wiley, 2005. P. 652.
- [3] Scanlon, B.R., Fakhreddine, S., Rateb, A. et al. Global water resources and the role of groundwater in a resilient water future. Nat Rev Earth Environ 4, 87–101, 2023.
- [4] Scanlon B.R. et al. Global groundwater monitoring using satellite data. Water Resources Research, 2018.
- [5] Gachet A. WATEX: Integrated groundwater exploration technology. Hydrology Journal, 2016.
- [6] Asheesh D. et al. Integrated watershed study to delineate ground water prospects through Remote Sensing. International Journal Of Advance Research And Innovative Ideas In Education 3(4):3379-3387, 2017.
- [7] Shishaye HA, Abdi S Groundwater Exploration for Water Well Site Locations Using Geophysical Survey Methods. Hydrol Current Res 7: 226. 2016.
- [8] Исламов Б.Ф., Кадирходжаев А.А., Пулатов Н.Б., Бимурзаев Г.А., Охунов Ф.А. Ўзбекистонда гидрогеологик тадқиқотлар ривожланиши ва истиқболдаги тенденциялари. Geologiya va mineral resurslar, №6, 2024. 66-87 b.
- [9] Yarboboyev T.N., Qosimova K. Yo., Jamilov B.B. O'zbekistonning yer osti suv resurslari va ulardan oqilona foydalanish istiqbollari. Miasto Przyszłości / Polsha. Vol. 47, 2024. 1113-1123 b.
- [10] Абдурахмонов А.А., Каримов Ж.К. Ер ости сувларини ўрганишда замонавий геофизик усуллар. – Тошкент: Фан, 2020. – 214 б.
- [11] Мирзаев Ш.М. Ўзбекистонда ер ости сув ресурсларини баҳолаш ва мониторинг қилиш усуллари. – Тошкент, 2022. – 176 б.
- [12] Исмоилов Б.Р., Нурматов А.Н. Гидрогеологик тадқиқотларда GIS технологияларидан фойдаланиш. Геология ва минерал ресурслар. №3. – Б. 45–52. 2019.
- [13] Саидов И.С. Гидрогеологияда рақамли моделлаш ва прогнозлаш. – Самарқанд: СамДУ нашриёти, 2021. – 198 б.
- [14] Рахмонов У.Х. Сув ресурсларидан барқарор фойдаланишнинг илмий асослари. – Тошкент: Иқтисодиёт, 2019. – 240 б.
- [15] Қодиров А.Б. Иқлим ўзгариши шароитида ер ости сувларини муҳофаза қилиш. – Экология хабарномаси, №4. – Б. 21–27. 2022.
- [16] Ярбобоев Т.Н., Қосимова К. Ё., Жамилов Б.Б. Глобал иқлим ўзгариши шароитида ер ости сувларини қидириш ва бошқаришда инновацион технологиялар. Международный научно-практический журнал «Экономика и социум». Россия, Издательский центр «ИУСЭР» №2(141) 2026.