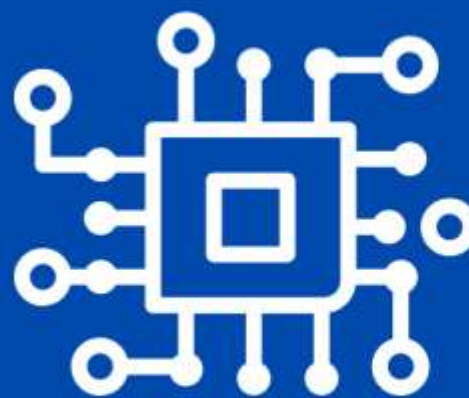




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 3 (4) 2026

TECHSCIENCE.UZ

№ 3 (4)-2026

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2026

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax davlat pedagogika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB**

MASALALARI elektron jurnali
15.09.2023-yilda 130343-sonli
guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

Maxarov Qodirbek, Ismatillayev Muzaffar

SUN'IIY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TEZ YORDAM

QO'NG'IROQLARINI QAYTA ISHLASH TIZIMI5-11

Ergasheva Oxuna, Raximova Mehrbonu

TABIIY TILNI QAYTA ISHLASH YONDASHUVI BILAN INTEGRATSIYALASHGAN RAQAMLI

TIBBIYOTNI MASOFADAN MONITORING QILISH DASTURINI ISHLAB CHIQISH12-18

Jamalova Gulchexra

O'ZBEKISTON SOLIQ MA'MURIYATCHILIGINI TASHKIL ETISHDA

SUN'IIY INTELLEKTDAN FOYDALANISHNING TIZIMLI TAHLILI VA

BOSHQARUV MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH 19-24

Arziqulov Husan

O'ZBEK TILI UCHUN SUN'IIY INTELLEKT ASOSIDA UZLUKSIZ NUTQNI TANISH TIZIMINI

YARATISH: KORPUS, AKUSTIK MODEL VA TIL MODELINI LOYIHALASH 25-31

Isakov Iskander, Xabibullaeva Dilnoza, Orazimbetov Temurbek

IDROKDAN AVTONOMIYAGACHA: KO'RISHGA YORDAM BERISH VA

NEYRONLARNI TIKLASHDA MULTIMODAL SUN'IIY INTELLEKTNING

NARRATIV SHARHI (2020-2026)..... 32-44

Daliyev Sherzod

YER OSTI SIZOT SUVLARI DINAMIKASI O'ZGARISH JARAYONINI

MATEMATIK MODELLASHTIRISH 45-52

Muradov Sirojiddin

EHTIMOLIY XAVFLARNI BAHOLASHDA FORSAYT

TEXNOLOGIYASIDAN FOYDALANISH 53-62

Vasiyev Xayrullo, Abduolimova O'g'iloy

TO'QIMACHILIK MAHSULOTLARI SIFATINI XALQARO 4 BALLI BAHOLASH TIZIMI

ASOSIDA BOSHQARISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH 63-68

Ergashxo'jayeva Sabohat, Shodmanov Jasur

ISHLAB CHIQARISH KORXONALARIDA CHANG HOSIL BO'LISH MANBALARI VA

UNI BARTARAF ETISH USULLARI 69-75

Ismoilov Muxriddin, Rahimov Anvarjon, Asatov Shavkat, Norbayeva Malikaxon

EKSPERIMENTAL O'LCHASHLARDA STATISTIK TAHLIL VA

XATOLIQLARNI KAMAYTIRISH USULLARINING TAHLILI 76-82

Jurayev O'tkirkbek

BULUTLI HISOBLASH TIZIMLARIDA MA'LUMOTLARNI XAVFSIZ SHIFRLASHNING

GIBRID KRIPTOGRAFIK ALGORITMI 83-91

<i>Ismailov Ilxom, Raximov Rustamjon</i> MACHINE LEARNING YONDASHUVI YORDAMIDA O'ZBEKISTON VILOYATLARINI QISHLOQ XO'JALIGI KO'RSATKICHLARI BO'YICHA KLASSTERLASH VA TASNIFLASH	92-100
<i>Almataev Tojiboy, Zokirjonov Azizbek</i> EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON LITHIUM-ION BATTERY AGING UNDER UZBEKISTAN'S CLIMATE	101-114
<i>Юнусалиев Эльмурод, Тошпулатов Ильхомжон</i> ИЗГОТОВЛЕНО ИЗ МЕСТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПОДГОТОВЛЕННЫЕ БАЛОЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ УСТОЙЧИВОСТЬ К РАСТЯЖЕНИЮ I	115-121
<i>To'xtaniyozova Muhayyo, To'rayev Azizbek</i> O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA QURILISH MATERIALLARI SIFATI VA XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHNING INNOVATSION USULLARI: KOMPLEKS TAHLIL VA METROLOGIK BAHOLASH	122-132

YER OSTI SIZOT SUVLARI DINAMIKASI O'ZGARISH JARAYONINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Daliyev Sherzod

Kattaqo'rg'on davlat pedagogika instituti (104814)

Raqamli texnologiyalar va iqtisodiyot kafedrası mudiri, dotsent, PHD.

E-mail: daliyevsherzod87@gmail.com

Annotatsiya. Yer osti sizot suvlari sathining o'zgarish qonuniyatlarini aniqlash gidrogeologik tizimlarning shakllanishi va rivojlanishini tushunishda muhim ilmiy ahamiyatga ega. Sizot suvlari harakati tabiiy va antropogen omillar ta'sirida shakllanadigan murakkab gidrodinamik jarayon bo'lib, uning fazoviy va vaqt bo'yicha o'zgarishini aniqlash suv resurslaridan oqilona foydalanish hamda meliorativ tizimlarni samarali boshqarish uchun zarur hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan mazkur tadqiqot yer osti sizot suvlari sathi dinamikasini matematik model lashtirish masalasini o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqot doirasida sizot suvlari sathining OX yo'nalish bo'yicha vaqt davomida o'zgarishini tavsiflovchi matematik model ishlab chiqildi. Model filtratsiya jarayonlarini ifodalovchi differensial tenglamaga asoslanib, mos boshlang'ich va chegaraviy shartlar bilan ifodalandi. Masalani analitik yechish jarayonida Fyurje qatori usulidan foydalanildi va natijada sizot suvlari sathining fazoviy koordinata hamda vaqtga bog'liq umumiy yechimi trigonometrik funksiyalar va eksponensial ko'paytuvchilardan iborat qator ko'rinishida hosil qilindi. Olingan matematik yechim sizot suvlari sathining OX yo'nalish bo'yicha taqsimlanish qonuniyatlarini hamda gidrodinamik jarayonlarning vaqt davomida barqarorlashish xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi. Modellash natijalari filtratsiya koeffitsiyenti, gidravlik gradient, g'ovak muhitning fizik xossalari va qatlamning geometrik parametrlarini sizot suvlari dinamikasining asosiy shakllantiruvchi omillari sifatida tavsiflaydi. Taklif etilgan matematik yondashuv yer osti suvlari sathining o'zgarish jarayonlarini nazariy jihatdan tahlil qilish, gidrogeologik tizimlarning rivojlanish tendensiyalarini aniqlash hamda suv resurslari holatini prognozlash uchun qo'llanishi mumkin. Tadqiqotning ilmiy yangiligi sizot suvlari dinamikasini bir o'lchovli fazoda matematik model lashtirish orqali analitik yechim olish hamda gidrogeologik jarayonlarning asosiy qonuniyatlarini aniqlash imkoniyatini yaratganligi bilan belgilanadi.

Kalit so'zlar: sizot suvlari, yer osti suvlari sathi, matematik model lashtirish, filtratsiya jarayoni, analitik yechim.

MATHEMATICAL MODELLING OF THE DYNAMICS OF GROUNDWATER LEVEL VARIATIONS

Sherzod Daliev

Kattakurgan State Pedagogical Institute (104814), Uzbekistan

Head of the Department of Digital Technologies and Economics, Associate Professor

Annotation. Understanding the mechanisms governing groundwater level variations is of considerable scientific importance for analysing the formation and development of hydrogeological systems. The movement of groundwater represents a complex hydrodynamic process influenced by both natural conditions and anthropogenic factors. Determining its spatial and temporal behaviour is therefore essential for the rational utilisation of water resources and the efficient management of reclamation and drainage systems. In this context, the present study focuses on the mathematical modelling of groundwater level dynamics. Within the framework of the research, a mathematical model describing the temporal evolution of groundwater levels along the OX spatial direction has been developed. The model is formulated on the basis of a differential equation representing the filtration process and is supplemented with appropriate initial and boundary conditions. To obtain an analytical solution, the Fourier series method is employed. As a result, the general solution describing groundwater level variations as a function of spatial coordinate and time is derived in the form of a series consisting of trigonometric functions multiplied by exponential terms. The obtained analytical representation makes it possible to investigate the distribution patterns of groundwater levels along the OX direction and to analyse the stabilisation behaviour of hydrodynamic processes over time. The modelling results indicate that the

filtration coefficient, hydraulic gradient, physical properties of the porous medium, and geometric parameters of the aquifer layer act as the principal factors governing groundwater dynamics. The proposed mathematical approach can be applied to the theoretical analysis of groundwater level variations, to the investigation of hydrogeological system evolution, and to the prediction of water resource conditions. The scientific novelty of the study lies in deriving an analytical solution for groundwater dynamics through one-dimensional mathematical modelling and in identifying the fundamental regularities of hydrogeological processes.

Keywords: groundwater, groundwater level dynamics, mathematical modelling, filtration process, analytical solution.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v4i3y2026N06>

Kirish. Yer osti suvlari tabiiy suv resurslari tizimining muhim tarkibiy qismi bo'lib, ular ichimlik suvi ta'minoti, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi hamda sanoat faoliyati uchun zarur bo'lgan barqaror suv manbalaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, sizot suvlari gidrogeologik tizimning eng faol komponentlaridan biri bo'lib, ularning sathi va harakat rejimidagi o'zgarishlar atrof-muhit sharoitlari hamda inson faoliyati bilan uzviy bog'liqdir. Sizot suvlari dinamikasidagi tebranishlar tuproqning namlik rejimi, meliorativ holat, yerlarning sho'rlanish jarayonlari hamda turli gidrotexnik va muhandislik inshootlarining barqarorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli sizot suvlari harakati va sath o'zgarishining qonuniyatlarini aniqlash gidrogeologik tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biri sifatida qaraladi. Yer osti sizot suvlari dinamikasi ko'plab tabiiy va antropogen omillar ta'sirida shakllanadi. Atmosfera yog'inlari, bug'lanish jarayonlari, sug'orish tizimlari orqali yuzaga keladigan infiltratsiya oqimlari, yer ostidan suv olish jarayonlari, shuningdek, g'ovak muhitning filtratsion xossalari sizot suvlari harakatiga bevosita ta'sir etuvchi asosiy omillar qatoriga kiradi. Bundan tashqari, geologik qatlamlarning tuzilishi, ularning suv o'tkazuvchanlik darajasi hamda qatlam qalinligining o'zgarishi sizot suvlari sathining hudud bo'yicha taqsimlanishiga ta'sir qiluvchi muhim gidrogeologik parametrlar hisoblanadi. Ushbu omillarning o'zaro ta'siri natijasida yer osti suvlari sathi murakkab fazoviy va vaqtga bog'liq o'zgarishlar bilan tavsiflanadi.

Ko'plab gidrogeologik jarayonlarni o'rganishda tizimning murakkabligini kamaytirish maqsadida masalani soddalashtirilgan shaklda qarash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, sizot suvlari harakatini bir yo'nalish bo'yicha tahlil qilish gidrodinamik jarayonlarning asosiy xususiyatlarini aniqlashda samarali usul sifatida qo'llaniladi. Xususan, suv oqimining faqat OX koordinata o'qi bo'yicha ko'rib chiqilishi sizot suvlari sathining o'zgarish jarayonini bir o'lchovli model asosida tavsiflash imkonini beradi. Bunday yondashuv real gidrogeologik tizimlarda sodir bo'ladigan jarayonlarning asosiy qonuniyatlarini aniqlash bilan birga, matematik modellashtirish jarayonini sezilarli darajada soddalashtiradi. Yer osti suvlari harakatini nazariy jihatdan ifodalash Darcy qonuni hamda massaning saqlanish qonuniga asoslangan differensial tenglamalar tizimi orqali amalga oshiriladi. Ushbu tenglamalarda filtratsiya koeffitsiyenti, g'ovaklik darajasi, gidravlik gradient, qatlam qalinligi hamda suv kirishi va chiqishi bilan bog'liq jarayonlar asosiy parametrlar sifatida hisobga olinadi. Ammo tabiiy gidrogeologik muhitning geterogenligi va murakkab chegaraviy shartlar mavjudligi sababli bunday tenglamalar uchun aniq analitik yechim olish ko'pincha qiyinlashadi. Shu sababli yer osti suvlari sathining OX yo'nalishi bo'yicha vaqtga bog'liq o'zgarishini aniqlashda sonli modellashtirish usullari muhim ahamiyat kasb etadi.

Matematik modellashtirish asosida sizot suvlari dinamikasini tahlil qilish yer osti suvlari rejimidagi o'zgarishlarni ilmiy asosda baholash, filtratsiya jarayonlarining rivojlanish

qonuniyatlarini aniqlash hamda turli tabiiy va antropogen omillar ta'sirida yuzaga keladigan gidrogeologik jarayonlarni prognozlash imkonini beradi. Shu bois sizot suvlari sathining *OX* yo'nalishi bo'yicha vaqt davomida o'zgarish jarayonini matematik modellashtirish gidrogeologiya sohasida nazariy va amaliy jihatdan muhim ilmiy masalalardan biri hisoblanadi.

Yer osti sizot suvlari gidrogeologik tizimlarning muhim tarkibiy komponenti bo'lib, ularning sathidagi o'zgarishlar tabiiy jarayonlar hamda antropogen ta'sirlar natijasida shakllanadi. Suv resurslaridan barqaror foydalanish, sug'orish tizimlarini boshqarish hamda ekologik muvozanatni saqlash masalalarida yer osti suvlari dinamikasini chuqur o'rganish alohida ilmiy ahamiyatga ega. Sizot suvlari sathining shakllanishi va uning vaqt davomida o'zgarishi infiltratsiya jarayonlari, bug'lanish intensivligi, gidravlik gradientlar, qatlamlarning filtratsion xossalari hamda inson faoliyati bilan bog'liq omillar ta'siri ostida yuzaga keladi. Shu sababli gidrogeologik jarayonlarni matematik va sonli modellashtirish suv resurslarini boshqarish sohasida eng muhim ilmiy yo'nalishlardan biri sifatida qaraladi. Yer osti suvlari dinamikasini matematik tavsiflash bo'yicha tadqiqotlar filtratsiya jarayonlarini ifodalovchi differensial tenglamalar tizimiga asoslanadi. Bu yo'nalishda Abdullayev va hammualliflar tomonidan yer osti suvlari harakatini ifodalovchi differensial model ishlab chiqilib, gidrogeologik jarayonlarning nazariy asoslarini matematik jihatdan ifodalash imkoniyatlari ko'rsatib berilgan [1]. Mazkur yondashuv keyingi tadqiqotlarda yanada rivojlantirilib, turli gidrogeologik sharoitlar uchun moslashtirilgan sonli modellashtirish usullarining shakllanishiga asos bo'ldi. Hozirgi vaqtda yer osti suvlari oqimini modellashtirishda sonli modellashtirish paketlari keng qo'llanilmoqda. Abesh va hammualliflar Appalachiya hududidagi riparian nam landshaftlarda sayoz yer osti suvlari hamda ozuqa moddalari dinamikasini MODFLOW moduli yordamida o'rganib, gidrologik jarayonlarni kompleks tahlil qilish imkoniyatlarini ko'rsatib berganlar [2]. Shahar akvifer tizimlarida suv oqimi dinamikasini o'rganish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda Alkandari va Alsumaiei tomonidan sun'iy ravishda suv bilan to'ldirish jarayonlari ta'sirida yer osti suvlari oqimining shakllanishi modellashtirilgan [3]. Shuningdek, Alsumaiei tomonidan yer osti suvlari sathining o'zgarishini prognozlash uchun nolinear autoregressiv modellar ishlab chiqilgan bo'lib, ular urban gidrogeologik tizimlarni bashorat qilishda yuqori aniqlik ko'rsatishi aniqlangan [4]. Keyingi tadqiqotlarda esa mashinaviy o'rganish algoritmlariga asoslangan interpretatsiyalanuvchi modellar yordamida sayoz yer osti suvlari sathining ko'tarilishi jarayonlarini boshqarish imkoniyatlari o'rganilgan [5].

Turli hududlarda yer osti suvlari oqimi va ularning dinamikasini o'rganish maqsadida ko'plab sonli modellashtirish tadqiqotlari olib borilgan. Arnaud va hammualliflar Gaiti hududidagi sayoz akvifer tizimida yer osti suvlari oqim jarayonlarini modellashtirib, hududiy gidrogeologik sharoitlarning o'ziga xos xususiyatlarini aniqlaganlar [6]. Behera va hammualliflar esa Hindistonning Mahanadi deltasi hududida joylashgan sayoz akvifer tizimida yer osti suvlari oqimini MODFLOW modeli yordamida baholaganlar [7]. Bizhanimanzar va hammualliflar tomonidan esa sayoz yer osti suvlari sathi dinamikasi integrallashgan gidrologik modellar yordamida tahlil qilinib, yuzaki suvlar va yer osti suvlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik jarayonlari aniqlashtirilgan [8]. Yer osti suvlari harakatini o'rganishda analitik modellar ham muhim ahamiyat kasb etadi. Hsieh va hammualliflar fazoviy va vaqt bo'yicha taqsimlangan infiltratsiya sharoitida to'g'ri to'rtburchakli hudud uchun analitik model ishlab chiqib, gidrogeologik jarayonlarni matematik jihatdan tavsiflash imkoniyatlarini kengaytirganlar [9]. Khrapov tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda esa sayoz va chuqur yer osti suvlari

tizimlarining o'zaro bog'langan dinamikasi sonli modellashtirish usullari orqali tahlil qilingan [10]. Yer osti suvlari tizimlarini modellashtirish metodologiyasini takomillashtirish maqsadida Manesh va Beall King tomonidan tizimli modellashtirish elementlarini modulli tarzda birlashtirishga asoslangan konseptual yondashuv taklif etilgan [11].

Gidrogeologik jarayonlarda tuproq namligi, suv oqimi va yer osti suvlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir ham muhim ilmiy masala hisoblanadi. Mu va hammualliflar tomonidan modifikatsiyalangan SWAT modeli yordamida tuproqdagi suv va tuz transporti hamda sayoz yer osti suvlari bilan o'zaro ta'sir jarayonlari o'rganilgan [12]. Shuningdek, Oad va hammualliflar vertikal vadose zona modeliga gorizontal akvifer oqimlarini qo'shish orqali yer osti suvlari sathining tabiiy tebranishlarini modellashtirish imkoniyatlarini ko'rsatib berganlar [13]. Yer osti suvlari tizimlarida erkin sirtli oqimlarni modellashtirish muammosi ham ko'plab tadqiqotlarda ko'rib chiqilgan. Rahman va hammualliflar yirik gidrologik modellar uchun hisoblash jihatidan samarali erkin sirtli chegara shartlarini ishlab chiqib, katta hududlarni modellashtirish imkoniyatlarini kengaytirganlar [14]. Tiutkin va hammualliflar esa turli amaliy muammolarni hal qilishda yer osti suvlari dinamikasini modellashtirishning muhimligini ko'rsatib berganlar [15]. So'nggi tadqiqotlarda yer osti suvlari dinamikasining iqlim omillari bilan bog'liqligi ham keng o'rganilmoqda. Tsypin va hammualliflar Germaniyaning Brandenburg hududida iqlim omillarining yer osti suvlari oqimi hamda issiqlik rejimiga ta'sirini modellashtirish orqali tahlil qilganlar [16]. Shu bilan birga, yer osti suvlari oqimi tenglamasining matematik yechimlariga bag'ishlangan tadqiqotlar ham mavjud bo'lib, Vázquez-Báez va hammualliflar akvifer tizimlarini modellashtirishning matematik asoslarini ko'rsatib berganlar [17].

Yer osti suvlari sathining vaqt bo'yicha o'zgarishini modellashtirish bo'yicha yangi nazariy yondashuvlar ham taklif etilmoqda. Wu va Nakakita tomonidan sayoz erkin akviferlarda suv sathi dinamikasini tavsiflash uchun giperbolik nazariya hamda barqaror sonli sxemaga asoslangan matematik model ishlab chiqilgan [18]. Mashinaviy o'rganish usullaridan foydalanishga bag'ishlangan tadqiqotlarda Xu va hammualliflar tasodifiy o'rmon algoritmi asosida sayoz yer osti suvlari sathining dinamik o'zgarishlarini va ularni shakllantiruvchi asosiy omillarni aniqlaganlar [19]. Yer usti va yer osti suvlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir jarayonlari ham zamonaviy gidrogeologik tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biridir. Ying va hammualliflar qurg'oqchilikka sezgir hududlarda suv saqlanish jarayonlari hamda yer osti suvlari va yer usti suvlari o'rtasidagi gidrologik bog'liqlikni jarayonlarga asoslangan modellashtirish usullari yordamida o'rganganlar [20]. Umuman olganda, mavjud ilmiy tadqiqotlar yer osti suvlari dinamikasini modellashtirishda matematik, sonli hamda mashinaviy o'rganish usullarining keng qo'llanilayotganini ko'rsatadi. Shunga qaramasdan, ayrim gidrogeologik tizimlarda jarayonni muayyan yo'nalish bo'yicha soddalashtirilgan matematik model asosida o'rganish zarurati saqlanib qolmoqda. Shu sababli sizot suvlari dinamikasining muayyan yo'nalish bo'yicha o'zgarish jarayonlarini matematik modellashtirish gidrogeologik tizimlarning asosiy qonuniyatlarini aniqlash hamda suv resurslaridan samarali foydalanish bo'yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishda muhim ahamiyatga ega [21-25].

Masalani qo'yilishi. Faraz qilaylik qatlam g'ovak yoki yoriqli tuzilishga ega bo'lib, suvni yig'ish, saqlash va o'tkazish qobiliyatiga ega hamda gorizontal, tubi tekis va uning geofiltratsion xossalari yo'nalishlar va vaqt bo'yicha o'zgarmas deb qabul qilamiz. Shuningdek, qatlam bo'ylab filtratsiya koeffitsiyenti k hamda suv beruvchan g'ovaklik n doimiy va bir xil qiymatli deb olamiz. Natijada filtratsiya jarayoni to'liq to'yingan muhitda sodir bo'luvchi amalda bir o'lchovli

oqim sifatida qaraladi. Bundan tashqari, qatlamning suv o'tkazmaydigan tubi ham gorizonta va tekis deb faraz qilinadi.

U holda Dyupi–Forxgeymer nazariyasiga asoslansak, qo'llanilayotgan soha bo'ylab har bir t vaqt momentida va har bir Ox nuqtada birlik kenglikka to'g'ri keluvchi oqim sarfini filtratsiya parametrlar hamda suv sathi bilan bog'laydi ($0 < x < L$) [3–5]:

$$Q = -kh \frac{\partial h}{\partial x} \quad (1)$$

bu yerda $h(x, t)$ – sizot suv sathi, k – filtratsiya koeffitsiyenti

Yer osti suvli qatlamning istalgan qismida oqib kirayotgan va chiqayotgan suv miqdorining yig'indisi shu qism orqali oqib o'tayotgan suv sarfi gradienti $n(\partial h / \partial t)$ hamda suv sarfining o'zgarishi $\partial Q / \partial x$ yig'indisiga teng, ya'ni:

$$n \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

bu yerda n – g'ovaklik koeffitsiyenti.

(1) va (2) tenglamalarni birlashtirish natijasida gorizonta suvli qatlam uchun Bussineskiy tenglamasiga asosan quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin[1–3]:

$$n \frac{\partial h(x, t)}{\partial t} = -\frac{k}{2} \frac{\partial^2 h^2(x, t)}{\partial x^2} \quad (3)$$

Keyingi qadamda amaliyotda eng ko'p qo'llaniladigan yondashuvlardan biri chegaradan tashqi tamonda suv sathini nolga teng deb hamda boshlang'ich vaqtda oqim yo'q qabul qilimiz.

$$h(x, 0) = \sqrt{1 - x^2} \quad (3^*)$$

$$h(L, t) = 0 \quad (4)$$

$$Q(0, t) = \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=0} = 0 \quad (5)$$

(2) – tenglamani (4) – chegaraviy shartni hisobga olsak quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\frac{d\tilde{h}}{dt} + Q_{out} = 0 \quad (6)$$

bu yerda $\tilde{h}$ umumiy suv zaxirasi bo'lib quyidagicha aniqlanadi:

$$\tilde{h} = n \int_0^L h dx \quad (7)$$

Chiqib ketuvchi suv sarfi quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_{out} = Q = -\frac{k}{2} \left. \frac{\partial^2 h^2}{\partial x} \right|_{x=L} \quad (8)$$

(3) – (5) masalani qo'yidagicha hisoblaymiz, ya'ni dastlab $\frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2}$ ni

$$\frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(2 \frac{\partial h}{\partial x} \right) = 2 \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + 2h \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$$

kabi ifodalab olamiz. U holda (3) qo'yidagicha ifodalanadi:

$$n \frac{\partial h}{\partial t} + k \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + kh \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = 0 \quad (9)$$

Masalani yechilishi

(9) – ifodaga $h^2(x, t) \approx 2\tilde{h}h(x, t)$ kabi almashtirish kiritib olib

$$n \frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{k}{2} \frac{\partial^2 (h^2)}{\partial x^2} \approx -\frac{k}{2} \frac{\partial^2 (2\tilde{h}h)}{\partial x^2} = -k\tilde{h} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (10)$$

ni hosil qilamiz. (10) qo'ydagi shaklda ifodalaymiz:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \Lambda \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}, \quad (11)$$

bu yerda $\Lambda = \frac{k\tilde{h}}{n}$.

(11) – tenglamani yechimini

$$h(x, t) = X(x)T(t) \quad (12)$$

ko'rinishida izlaymiz. U holda (12) ni (11) ga quysak

$$\frac{T'}{\Lambda T} = \frac{X''}{X} = -S \quad (13)$$

ifoda hosil bo'ladi.

(13) ni ikki qismga ajratib olamiz, ya'ni xususiy ifodalarga (ODT) ajratamiz:

$$T'(t) + \Lambda S T(t) = 0 \quad (14)$$

$$X''(x) + S X(x) = 0 \quad (14^*)$$

(14) hamda (14*) larning umumiy yechimlarini (4) va (5) chegaraviy shartlar asosida, ya'ni $X'(0) = 0$, $X(L) = 0$ larga keltirgan holda hususiy yechimlarni topamiz:

$$T(t) = C e^{-\Lambda S t} \quad (15)$$

$$X(x) = A \cos(\sqrt{S}x) + B \sin(\sqrt{S}x) \quad (15^*)$$

(15*) dan hosila olsak

$$X'(x) = -A\sqrt{S} \sin(\sqrt{S}x) + B\sqrt{S} \cos(\sqrt{S}x) \quad (16)$$

ga kelamiz. (16) va (15*) larni (14*) ga olib borib qo'yib $X'(0) = 0$, $X(L) = 0$

shartlardan foydalanib $S = S_m = \left(\frac{(2m+1)\pi}{2L} \right)^2$, $m = 0, 1, 2, \dots$ ni topib $X(x)$ ning qiymatini hosil qilamiz:

$$X_m(x) = A \cos\left(\frac{(2m+1)\pi x}{2L}\right) + B \sin\left(\frac{(2m+1)\pi x}{2L}\right) \quad (17)$$

(15) hamda (17) hususiy yechimlarni (12) ga quyib

$$h(x, t) = \sum_{m=0}^{\infty} \left(A \cos\left(\frac{(2m+1)\pi x}{2L}\right) + B \sin\left(\frac{(2m+1)\pi x}{2L}\right) \right) e^{-\Lambda \left(\frac{(2m+1)\pi}{2L} \right)^2 t} \quad (18)$$

ko'rinishdagi umumiy yechimni hosil qilamiz.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda yer osti sizot suvlari dinamikasi o'zgarish jarayonlarini matematik modellashtirish masalasi ko'rib chiqildi hamda gidrogeologik jarayonlarni tavsiflovchi differensial tenglama uchun analitik yechim hosil qilindi. Masala boshlang'ich va

chegaraviy shartlarni hisobga olgan holda Furye qatori yordamida yechildi va natijada yer osti suvlari sathining X yo'nalish bo'yicha hamda vaqt davomida o'zgarishini ifodalovchi umumiy yechim (18) ko'rinishda olindi. Mazkur yechim gidrogeologik tizimlarda yer osti suvlari sathining fazoviy va vaqt bo'yicha evolyutsiyasini tavsiflash imkonini beradi. Trigonometrik funksiyalar suv sathining OX yo'nalish bo'yicha taqsimlanish qonuniyatlarini ifodalasa, eksponensial ko'paytuvchi vaqt o'tishi bilan tizimning gidrodinamik barqarorlashish jarayonini tavsiflaydi. Model parametrlarining fizik talqini shuni ko'rsatadiki, filtratsiya koeffitsiyenti, g'ovaklik, gidravlik gradient hamda qatlamning geometrik o'lchamlari sizot suvlari harakatining asosiy gidrogeologik omillari hisoblanadi. Ushbu parametrlarning qiymati yer osti suvlari sathi dinamikasining tezligi va shakllanish xarakterini belgilaydi. Tadqiqot natijalari matematik model yordamida sizot suvlari sathining yo'nalishlar bo'yicha o'zgarishini nazariy jihatdan aniqlash, gidrogeologik jarayonlarning asosiy qonuniyatlarini tahlil qilish hamda suv resurslari holatini prognozlash imkonini berishini ko'rsatdi. Bundan tashqari, ishlab chiqilgan analitik yechim gidrogeologik tizimlarning soddalashtirilgan bir o'lchovli modelini yaratish orqali hisoblash jarayonlarini optimallashtirish va modellashtirish aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, sizot suvlari sathi dinamikasi o'zgarish jarayoni X yo'nalish bo'yicha qaralgan matematik model asosida tavsiflanib, jarayonning analitik yechimi Furye qatori ko'rinishida hosil qilindi. Taklif etilgan model yer osti suvlari harakatining asosiy gidrodinamik qonuniyatlarini aniqlash, gidrogeologik jarayonlarni prognozlash hamda suv resurslarini boshqarish bo'yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishda muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi. Umuman olganda, olingan natijalar yer osti sizot suvlari dinamikasi o'zgarish jarayonlarini matematik modellashtirish gidrogeologik tizimlarning rivojlanish qonuniyatlarini chuqurroq tushunish, suv resurslaridan samarali foydalanish hamda ekologik barqarorlikni ta'minlashda muhim ilmiy-uslubiy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Abdullayev A., Hidoyatova M., Kuralov B. A. About one differential model of dynamics of groundwater // E3S Web of Conferences. – 2023.
2. Abesh B., Anderson J. T., Hubbart J. Using MODFLOW to model riparian wetland shallow groundwater and nutrient dynamics in an Appalachian watershed // Water. – 2024.
3. Alkandari A. H., Alsumaiei A. A. Numerical modelling of groundwater flow in an urban aquifer under extensive artificial recharge forcings // Hydrological Processes. – 2025.
4. Alsumaiei A. A. A nonlinear autoregressive modeling approach for forecasting groundwater level fluctuation in urban aquifers // Water. – 2020.
5. Alsumaiei A. A. Interpretable machine learning framework for managing shallow water table rise in urban aquifers // Hydrology Research. – 2025.
6. Arnaud L., Gutierrez A., Zegoulli I., Gonomy N. Modelling groundwater flow in the Plaine du Nord-Massacre shallow aquifer, Haiti // Hydrogeology Journal. – 2022.
7. Behera A. K., Pradhan R. M., Kumar S., Chakrapani G., Kumar P. Assessment of groundwater flow dynamics using MODFLOW in shallow aquifer system of Mahanadi Delta (East Coast), India // Water. – 2022.
8. Bizhanimanzar M., Leconte R., Nuth M. Modelling of shallow water table dynamics using conceptual and physically based integrated surface-water-groundwater hydrologic models // Hydrology and Earth System Sciences. – 2018.
9. Hsieh P.-C., Yu P.-W., Wu M. Analytical model of groundwater flow in a rectangular domain for spatiotemporally distributed recharge // Hydrological Processes. – 2025.

10. Khrapov S. Numerical modeling of self-consistent dynamics of shallow and ground waters // Mathematical Physics and Computer Simulation. – 2021.
11. Manesh M. M., Beall King A. Review of sub-models in groundwater system dynamics models to facilitate “lego-like” modeling // Water. – 2025.
12. Mu D., Xun Y., Gao Y., Ren D., Sun C., Ma X., Huang G., Xu X. A modified SWAT model for mechanistic simulation of soil water–salt transport and the interactions with shallow groundwater // Hydrological Processes. – 2023.
13. Oad V., Szymkiewicz A., Berezowski T., Gumuła-Kawęcka A., Šimůnek J., Jaworska-Szulc B., Therrien R. Incorporation of horizontal aquifer flow into a vertical vadose zone model to simulate natural groundwater table fluctuations // Water. – 2025.
14. Rahman A. S., Rosolem R., Kollet S., Wagener T. Towards a computationally efficient free-surface groundwater flow boundary condition for large-scale hydrological modelling // Advances in Water Resources. – 2019.
15. Tiutkin O. L., Bubnova O. A., Markul R. V., Miroshnyk V. A., Mashykhina P. B. Modeling the dynamics of groundwater in applied problems // Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture. – 2025.
16. Tsypin M., Cacace M., Guse B., Güntner A., Scheck-Wenderoth M. Modeling the influence of climate on groundwater flow and heat regime in Brandenburg (Germany) // Frontiers in Water. – 2024.
17. Vázquez-Báez V., Rubio-Arellano A. B., García-Toral D., Rodríguez-Mora I. Modeling an aquifer: Numerical solution to the groundwater flow equation // Mathematical Problems in Engineering. – 2018.
18. Wu Y.-H., Nakakita E. Numerical modeling of transient water table in shallow unconfined aquifers: A hyperbolic theory and well-balanced finite volume scheme // Advances in Water Resources. – 2024.
19. Xu L., Cui X., Bian J., Wang Y., Wu J. Dynamic change and driving response of shallow groundwater level based on random forest in southwest Songnen Plain // Journal of Hydrology: Regional Studies. – 2024.
20. Ying Z., Tetzlaff D., Comte J., Wu S., Soulsby C. Storage dynamics and groundwater–surface water interactions in a drought sensitive lowland catchment: Process-based modelling as a learning tool // Hydrological Processes. – 2025.
21. Daliev S., Urakov S., Sirojiddinov F., Abbasova M., Nurboboiev S. Three-Dimensional Mathematical Model of the Process of Groundwater Level Change // IAENG International Journal of Applied Mathematics. – 2025. – Vol. 55, No. 11.
22. Daliev S., Urakov S., Elmurodov U., Xaitov O., Abbasova M. A Three-Dimensional Mathematical Model for Groundwater Level Variations in a Two-Layered Medium // Engineering, Technology & Applied Science Research. – 2025. – Vol. 15, No. 5. – P. 28368–28376.
23. Daliev S., Xudoyberdiyev S., Abdullayeva Z., Shikhnazarova G. Three-dimensional mathematical model of groundwater level and salt concentration changes in a single-layer media // AIP Conference Proceedings. – 2024. – Vol. 3045, No. 1. – Article 050014.
24. Daliev S., Kurbonov N., Ibragimova K., Dzhurayeva S. Numerical modeling of groundwater level changes in multilayer media // AIP Conference Proceedings. – 2024. – Vol. 3045, No. 1. – Article 040025.
25. Daliev S., Sirojiddinov F., Khaitov O. Developing mathematical models to study changes in groundwater levels and salt concentration // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 589. – Article 03011.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 3 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com