ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 5

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

YER OSTI SUVLARINING GEOFILTRATSIYA JARAYONLARINI KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH

Yusupov Rustam Abdimuratovich
Toshkent menejment va iqtisodiyot instituti, "Muhandislik va axborot texnologiyalari" kafedrasi dotsenti
E-mail: yusupovrustam7786@gmail.com
Xamrakulov Bobur Xudoynazarovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti tayanch doktoranti
E-mail: khamrakulovbobur35@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada yer osti suvlarining geofiltratsiya jarayonlari va ularning shakllanish qonuniyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Geofiltratsiya jarayonlarini o'rganishda qo'llaniladigan matematik modellashtirish usullari hamda ularning asosiy turlari bayon etilgan. Xususan, sonli va kompyuterli modellashtirish usullarining gidrogeologik tadqiqotlardagi ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, zamonaviy axborot texnologiyalariga asoslangan modellashtirish yondashuvlari hamda samarali axborot tizimlarini yaratish bilan bog'liq dolzarb masalalar ko'rib chiqilgan. Olingan natijalar geofiltratsiya jarayonlarini tadqiq etish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: yer osti suvlari, gidrogeologiya, geofiltratsiya, matematik modellashtirish, sonli modellashtirish, kompyuterli modellashtirish, axborot texnologiyalari.

Аннотация. В данной статье с научной точки зрения проанализированы геофильтрационные процессы подземных вод и закономерности их формирования. Описаны методы математического моделирования, применяемые при исследовании геофильтрационных процессов, а также их основные виды. В частности, раскрыто значение численных и компьютерных методов моделирования в гидрогеологических исследованиях. Кроме того, рассмотрены современные подходы к моделированию на основе информационных технологий и актуальные вопросы создания эффективных информационных систем. Полученные результаты способствуют повышению эффективности исследования геофильтрационных процессов.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеология, геофильтрация, математическое моделирование, численное моделирование, компьютерное моделирование, информационные технологии.

Abstract. This article scientifically analyzes groundwater geofiltration processes and the laws governing their formation. The mathematical modeling methods used in the study of geofiltration processes, as well as their main types, are described.

ISSN 3030-3907

In particular, the importance of numerical and computer modeling methods in hydrogeological research is highlighted. Furthermore, modern modeling approaches based on information technologies and current issues related to the creation of efficient information systems are considered. The obtained results contribute to improving the efficiency of studying geofiltration processes.

Keywords: groundwater, hydrogeology, geofiltration, mathematical modeling, numerical modeling, computer modeling, information technologies.

KIRISH.

Suv havo bilan bir qatorda sayyoramizdagi barcha tirik mavjudotlar yashashi uchun zarur bo‘lgan eng muhim tabiiy resurslardan biridir. Inson hayotini suvsiz tasavvur etib bo‘lmaydi, chunki organizmdagi suv zaxirasining muntazam to‘ldirib borilishi uning normal faoliyat yuritishi uchun asosiy shart hisoblanadi. Qadim zamonlardan buyon suv hayot manbai sifatida e’tirof etilib kelinadi va hozirgi kunda ham u tirik organizmlar hayotini ta’minlovchi asosiy omillardan biri bo‘lib qolmoqda. Bugungi kunda suv inson faoliyatining deyarli barcha sohalarida keng qo‘llaniladi. Sanoat, qurilish, elektr va issiqlik ta’minoti kabi tarmoqlar suvning muhim ijtimoiy-iqtisodiy funksiyalarini namoyon etadi. Shu bilan birga, suv nafaqat hayotni qo‘llab-quvvatlaydi, balki ayrim holatlarda salbiy ta’sir ham ko‘rsatishi mumkin. Jumladan, yer osti suvlari konlar, karerlar, shaxtalar, bino va inshootlar poydevorlariga zarar yetkazishi, ularning yemirilishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois yer osti suvlari harakatining qonuniyatlarini, ularning hosil bo‘lish sharoitlarini hamda tarqalish xususiyatlarini o‘rganish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Mazkur masalalarni o‘rganish bilan gidrogeologiya fani shug‘ullanadi. Ushbu fan tabiiy gidrogeologik jarayonlarni hamda yer osti suvlarining shakllanish va harakatlanish sharoitlarini tadqiq etadi [1]. Gidrogeologik jarayonlarning eng muhim tarkibiy qismlaridan biri yer osti suvlarining filtratsiyasi, ya’ni g‘ovak yoki yoriqli muhitda suvning gravitatsion oqimi bilan bog‘liq bo‘lgan geofiltratsiya jarayonidir. Yer osti suvlarining harakati asosan aynan geofiltratsiya jarayonlari orqali amalga oshadi. Yer osti suvlarining harakatini o‘rganish hamda suv olish inshootlari hududlarida ularning taqsimlanishini ko‘rgazmali tarzda tahlil qilish maqsadida geofiltratsion modellashtirish keng qo‘llaniladi. Zamonaviy gidrogeologik tadqiqotlar geofiltratsiya jarayonlarini matematik, xususan sonli modellashtirish usullaridan foydalanish bilan tavsiflanadi. Bu esa, avvalo, yer osti suv resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beruvchi aniq gidrogeologik hisob-kitoblarni amalga oshirish zarurati bilan bog‘liqdir. Hozirgi kunda yer osti suvlarini qazib olish hajmini hisoblash, karer va shaxtalarni suv bosishidan himoya qilish, yer osti suvlarini ifloslanishdan muhofaza etish kabi ko‘plab gidrogeologik masalalarni geofiltratsiya

ISSN 3030-3907

jarayonlarini sonli modellashtirishsiz tasavvur etish qiyin. Sonli modellashtirish nazariyasi va amaliyotining rivojlanishiga V.M. Shestakov, V.A. Mironenko, F.B. Abutaliev, I.K. Gavich, I. Habibullaev, E.A. Lomakin, J.X. Jumanov va boshqa ko‘plab olimlar salmoqli hissa qo‘shganlar. Biroq katta hajmdagi nazariy bilimlar to‘planganiga qaramay, ayrim muammolar saqlanib qolmoqda. Ulardan biri matematik hisoblashlarning murakkabligi hamda ularni amaliy masalalarga moslashtirishdagi qiyinchiliklardir. Mazkur muammoni zamonaviy kompyuter texnologiyalarining yuqori hisoblash quvvatidan samarali foydalanish orqali hal etish mumkin [2]. Geofiltratsiya jarayonlarini kompyuter yordamida modellashtirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish bugungi kunda dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. Ushbu masalaning yechimi zamonaviy talablarga javob beruvchi hamda modellashtirish jarayonini sezilarli darajada soddalashtiradigan axborot-modellashtirish tizimlarini yaratish imkonini beradi. Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda zamonaviy sonli usullar va axborot texnologiyalaridan samarali foydalanish imkoniyatlarini tahlil qilish bilan belgilanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirish va yer osti suvlarining harakatini tadqiq etish masalalari ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan o‘rganilgan. Xususan, V.M. Shestakov, V.A. Mironenko, F.B. Abutaliev, I.K. Gavich, I. Habibullaev, E.A. Lomakin hamda J.X. Jumanovlarning ilmiy ishlari geofiltratsiya nazariyasi va sonli modellashtirish usullarining rivojlanishida muhim ahamiyat kasb etadi.

Tahlil qilingan ilmiy adabiyotlarda yer osti suvlarining filtratsiya jarayonlarini differensial tenglamalar yordamida ifodalash, gidrogeologik parametrlarni aniqlash hamda sonli modellashtirish asosida prognozlash masalalari yoritilgan. Zamonaviy tadqiqotlarda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish orqali murakkab gidrogeologik jarayonlarni aniqroq modellashtirish imkoniyatlari kengayib borayotgani ta’kidlangan. Shuningdek, mavjud ilmiy ishlarda geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda hisoblashlarning murakkabligi, boshlang‘ich va chegaraviy shartlarni aniqlashdagi muammolar hamda katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash bilan bog‘liq qiyinchiliklar mavjudligi qayd etilgan. Shu sababli samarali sonli usullar va zamonaviy axborot texnologiyalariga asoslangan modellashtirish tizimlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qolmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Mazkur tadqiqotda geofiltratsiya jarayonlarini o‘rganish uchun matematik va sonli modellashtirish usullaridan foydalanildi. Tadqiqot davomida yer osti suvlarining harakat qonuniyatlarini ifodalovchi differensial tenglamalar tahlil

ISSN 3030-3907

qilindi hamda ularni yechishda sonli hisoblash usullari qo‘llanildi. Geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda gidrogeologik parametrlar, filtratsiya koeffitsienti, bosim va suv oqimi tezligi kabi ko‘rsatkichlar asosiy omil sifatida qaraldi. Tadqiqotda kompyuterli modellashtirish texnologiyalaridan foydalanilib, geofiltratsiya jarayonlarining matematik modeli yaratildi va tahlil qilindi. Shuningdek, tadqiqot jarayonida ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash, matematik tahlil hamda sonli eksperiment usullaridan foydalanildi. Olingan natijalar geofiltratsiya jarayonlarini prognozlash va gidrogeologik masalalarni samarali yechishda qo‘llanilishi mumkin.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, geofiltratsiya jarayonlarini matematik va sonli modellashtirish yer osti suvlarining harakat qonuniyatlarini aniqlashda samarali usullardan biri ekanligi aniqlandi. Yaratilgan model yordamida yer osti suvlarining taqsimlanishi, filtratsiya jarayonlarining intensivligi hamda gidrogeologik parametrlarning o‘zgarishi tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, kompyuterli modellashtirish usullari murakkab gidrogeologik jarayonlarni qisqa vaqt ichida yuqori aniqlik bilan baholash imkonini beradi. Ayniqsa, sonli modellashtirish usullaridan foydalanish yer osti suvlarini qazib olish hajmini aniqlash, suv bosish xavfini prognozlash hamda suv resurslarini muhofaza qilish masalalarida muhim amaliy ahamiyatga ega. Olingan natijalar geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish samaradorligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari gidrogeologik jarayonlarni chuqurroq o‘rganish hamda amaliy masalalarni yechishda qo‘llanishi mumkin.

ASOSIY QISM.

1. YER OSTI SUVLARINING FILTRATSIYASI (GEOFILTRATSIYA)

Yer osti suvlarining filtratsiyasi – bu yer qobig‘i qatlamlarida yer osti suvlarining harakatlanishining eng keng tarqalgan shakllaridan biridir.

Filtratsiya oqimi asosan tortishish kuchlari ta’sirida hosil bo‘ladi. Ushbu kuchlar suv oqimining birligiga to‘g‘ri keladigan energiyani tavsiflovchi tortishish (gravitatsion) potensiali φ orqali ifodalanadi [7].

$$\varphi = P + \gamma z, \qquad (1)$$

bu yerda: P – gidrostatik bosim, γ – suvning hajmiy og‘irligi, z – taqqoslash tekisligiga nisbatan nuqtaning ordinatasi.

Faol suv almashinuvi zonasida suvning hajmiy og‘irligi γ ning o‘zgarishi juda kichik bo‘ladi, shu sababli uni e’tiborga olmaslik mumkin. Bunday holatda

ISSN 3030-3907

gravitatsion potensial φ o‘rniga gidrostatik bosimdan foydalanish qulay hisoblanadi:

$$H = \frac{\varphi}{\gamma} = h_p + z, h_p = \frac{\rho}{\lambda}, \quad (2)$$

bu yerda: h_ρ – ma’lum bir nuqtadagi bosim energiyasini ifodalovchi bosim balandligi (pyezometrik balandlik), z esa berilgan nuqtaning taqqoslash tekisligiga nisbatan joylashuv energiyasini ifodalovchi ordinatadir [1].

Yer qobig‘ida joylashgan yer osti suvlarining harakatini tizimli tahlil nuqtai nazaridan ko‘rib chiqish mumkin va zarur hisoblanadi [3]. Tizim deganda ma’lum bir tuzilishga ega bo‘lgan hamda o‘zaro va atrof-muhit bilan doimiy aloqada bo‘lgan elementlar majmui tushuniladi. Yer osti suvlarining harakatini tizimli yondashuv asosida o‘rganishning o‘ziga xos jihati shundaki, suvli qatlamlarning shakllanishi va ulardagi filtratsiya jarayonlari turli darajadagi ko‘plab gidrogeologik tizimlar sifatida qaralishi mumkin. Bunday tizimlarga suvli qatlamlar, g‘ovakliklar, suv tutuvchi tog‘ jinslari (gorizontlar) va boshqa elementlar kiradi.

Har qanday gidrogeologik tizim bir qator omillar bilan tavsiflanadi:

1) tizim tuzilishi – tizimning tarkibiy qismlarining hajmi, shakli, joylashuvi hamda ular o‘rtasidagi o‘zaro munosabatlarni o‘z ichiga oladi.

2) tog‘ jinslarining xususiyatlari va ularda yer osti suvlarining joylashish sharoitlari.

3) ichki va tashqi aloqalar – turli xil kuchlarning o‘zaro ta’siri natijasida yuzaga keladigan, kelib chiqishi va intensivligi bilan farqlanadigan jarayonlardir. Tashqi aloqalarga, masalan, insonning muhandislik va iqtisodiy faoliyati natijasida yer osti suvlariga ko‘rsatiladigan ta’sirlar kiradi.

Gidrogeologik parametrlar dinamik gidrogeologik tizimlarning asosiy ko‘rsatkichlari sifatida xizmat qiladi hamda matematik modellashtirish jarayonida differensial va integral tenglamalar koeffitsiyentlari vazifasini bajaradi.

2. GEOFILTRATSIYA MODELLASHTIRISH TURLARI.

Zamonaviy ilm-fanda “**modellashtirish**” tushunchasi juda keng ma’noga ega. Biroq amaliy maqsadlarda u odatda fizik xususiyatlarga ega bo‘lgan va matematik til orqali ifodalanishi mumkin bo‘lgan moddiy modellarni yaratish jarayonini anglatadi. Gidrogeologik jarayonlarni o‘rganishda modellashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Muayyan jarayon modelini yaratish orqali yer ostida sodir bo‘layotgan jarayonlarni tasavvur qilish hamda tabiiy muhitning murakkabligini hisobga olish imkoniyati paydo bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Yer osti suvlarining filtratsiyasini modellashtirish usullari, asosan, filtratsiya jarayonlari bilan boshqa fizik jarayonlar o‘rtasidagi matematik o‘xshashlikka asoslanadi.

Tabiiy va sun’iy sharoitlarda gidrogeologik jarayonlarni, jumladan yer osti suvlarining filtratsiyasini modellashtirishni o‘rganishda quyidagi asosiy masalalar sinfi ajratiladi: bashoratli (to‘g‘ridan-to‘g‘ri), epignoz (teskari) va optimallashtirish masalalari [5].

Bashoratli modellashtirish filtratsiya jarayonining uzoq muddatli rivojlanishini oldindan baholash orqali muayyan gidrogeologik muammolarni hal etishga qaratilgan. Bunday modellar odatda deterministik xarakterga ega bo‘lib, ular mos boshlang‘ich va chegaraviy shartlar bilan berilgan differensial tenglamalar tizimi ko‘rinishida ifodalanadi. Har bir bashoratli modellashtirish amalda noyob geofiltratsiya masalasini hal qilishni talab qiladi. Shu sababli, ko‘pincha murakkab matematik hisob-kitoblarni bajarishga to‘g‘ri keladi.

$$\mu\frac{\partial h}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(km\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(km\frac{\partial h}{\partial y}\right)+f-\delta Q_{vdz}. \qquad (3)$$

$$h(x,y,t_0)=\psi_1(x,y,t_0);\quad t_0=0;(x,y)\in G; \qquad (4)$$

$$h(x,y,t)=\psi_2(x,y,t);\quad t>t_0;(x,y)\in\Gamma_1; \qquad (5)$$

$$-km\frac{\partial h}{\partial n}=\psi_3(x,y,t);\quad t>t_0;(x,y)\in\Gamma_2; \qquad (6)$$

$$-km\frac{\partial h}{\partial n}=\gamma(h_v-h);\quad t>t_0;(x,y)\in\Gamma_3. \qquad (7)$$

Epignozik modellashtirish qo‘shimcha kuzatuv ma’lumotlari asosida tuzilgan gidrogeologik jarayonlarning deterministik modellarini tekshirish va aniqlashtirish uchun qo‘llaniladi. Amalda bu model natijalarini dala kuzatuvlari bilan solishtirish jarayonini anglatadi. Bunday modellashtirish davomida (3)–(7) tenglamalar asosida modelni kalibrlash amalga oshiriladi, ya’ni uning elementlari maqsadga muvofiq ravishda aniqlanadi. Odatda kalibrlash jarayonida teskari stasionar va nostasionar masalalar yechilib, model parametrlarining mumkin bo‘lgan qiymatlari baholanadi [2]. Obyektning noma’lum parametrlarini ma’lum parametrlar asosida tiklashga qaratilgan masalalar **teskari masalalar** deb ataladi. Ular o‘rganilayotgan jarayonni tavsiflovchi gidrogeologik parametrlarni, chegaraviy shartlarni hamda matematik tenglamalarni aniqlashga xizmat qiladi. Biroq bunday masalalar matematik nuqtai nazardan **noto‘g‘ri qo‘yilgan masalalar** turiga kiradi. Boshqacha aytganda, ular yagona yechimga ega bo‘lmasligi yoki umuman yechimga ega bo‘lmasligi mumkin. Shu sababli bunday masalalarni yechishda dastlabki ma’lumotlardan juda ehtiyotkorlik bilan

ISSN 3030-3907

foydalanish zarur, chunki kirish ma’lumotlaridagi kichik o‘zgarish ham yakuniy natijada katta farqlarni keltirib chiqarishi mumkin [6].

Optimallashtirilgan modellashtirish geofiltratsiya masalalarini eng maqbul yechim asosida hal etishga qaratilgan. Bu holda geofiltratsion matematik model boshlang‘ich element sifatida xizmat qiladi va texnik hamda iqtisodiy ko‘rsatkichlar asosida turli texnik yechimlarni baholash imkonini beradi. Optimallashtirilgan modellashtirish natijalari o‘rganilayotgan obyekt uchun eng maqbul qarorni qabul qilishni yengillashtiradi. Biroq bunday yechimga erishish uchun ko‘plab muqobil variantlarni hisoblash talab etiladi [5], bu esa matematik hisoblashlar hajmining ortishiga olib keladi.

Optimallashtirish masalalarini yechishda **imitatsion modellashtirish** ham muhim rol o‘ynaydi. Bu usul tizimda sodir bo‘ladigan jarayonlarni takrorlash orqali tizimga ta’sir etuvchi miqdoriy ko‘rsatkichlarni ko‘p variantli tarzda tahlil qilish imkonini beradi [5]. Imitatsion modellashtirish ketma-ket qurilgan tizim modeli asosida turli tajribalar o‘tkazish orqali murakkab tizimlarni o‘rganishda qo‘llaniladi. Bunda nafaqat kirish ma’lumotlari, balki tajriba natijalaridan ham foydalaniladi. Ushbu yondashuv tizimning ehtimoliy tuzilishini aniqlash, uning mumkin bo‘lgan harakatlarini baholash hamda optimal ishlash sharoitlarini aniqlash imkonini beradi.

Geofiltratsiya masalalarini yechishda **tadqiqot modellashtirishi** ham muhim ahamiyatga ega [5]. Bu usul bashoratli modellashtirish natijalarining gidrogeologik parametrlarning ehtimoliy o‘zgarishlariga qanchalik sezgir ekanligini tahlil qilishga qaratilgan. Odatda bunday tahlillar dala gidrogeologik ishlarining maqsadga muvofiqligini asoslash, ayniqsa sinov-filtratsiya tadqiqotlarini rejalashtirishda qo‘llaniladi.

So‘nggi yillarda ichimlik suviga bo‘lgan ehtiyojning ortishi hamda suv tanqisligining kuchayishi uni yanada oqilona va samarali boshqarishni talab qilmoqda. Bu esa gidrogeologiya sohasida texnogen obyektlarning buzilgan tabiiy sharoitlarda ishlashini modellashtirishga qaratilgan yangi masalalar sinfining paydo bo‘lishiga olib keldi. Bunday modellar odatda bashoratli, epignozik va optimallashtiruvchi modellashtirish usullarini birlashtiradi. Ularning asosiy maqsadi buzilgan tabiiy sharoitlarni samarali boshqarish va barqaror foydalanishni ta’minlashdan iborat.

3. GEOFILTRATSIYANI MODELLASHTIRISHNING SONLI USULLARI.

Kompyuter texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida sonli modellashtirish zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning muhim va ilg‘or usullaridan biriga aylandi. Bugungi kunda u ilmiy izlanishlar sifatini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Filtratsiya jarayonlarini kompyuter yordamida

ISSN 3030-3907

sonli modellashtirish boshqa modellashtirish usullari bilan solishtirganda yetakchi o‘rinlardan birini egallaydi. Filtratsiya jarayonlarini modellashtirishda qo‘llaniladigan asosiy sonli usullar tasnifi odatda maxsus sxema yoki diagrammalarda (1-rasm) ko‘rsatiladi [6].

Barcha sonli usullar uchun umumiy xususiyat – makon va vaqt bo‘yicha diskretlash jarayonidir. Bunda dastlab o‘rganilayotgan real obyekt tugun nuqtalaridan iborat bo‘lgan model bilan almashtiriladi, jarayonning rivojlanishi esa vaqt bo‘yicha ma’lum qadamlar orqali hisoblab boriladi [5].

Deterministik modellar (inglizcha determined – aniqlangan) real tizimning aniq fizik qonuniyatlarga asoslangan matematik ifodasini ifodalaydi. Bunday modellar odatda fizik qonunlar va differensial tenglamalar yordamida tavsiflanadi [3]. Masalan, yer osti suvlarining drenaj tizimiga filtratsiyasi Darsi qonuni hamda filtratsiya jarayonini ifodalovchi elliptik (stasionar jarayonlar uchun) yoki parabolik (nostasionar jarayonlar uchun) turdagi differensial tenglamalar orqali tavsiflanadi [3].

Amaliyotda deterministik modellar suv sathini pasaytirish, hududlarni suvdan xoli qilish, drenaj tizimlarini loyihalash, shuningdek, shaharlarni suv bosishidan himoya qilish bo‘yicha muhandislik hisob-kitoblarida keng qo‘llaniladi.

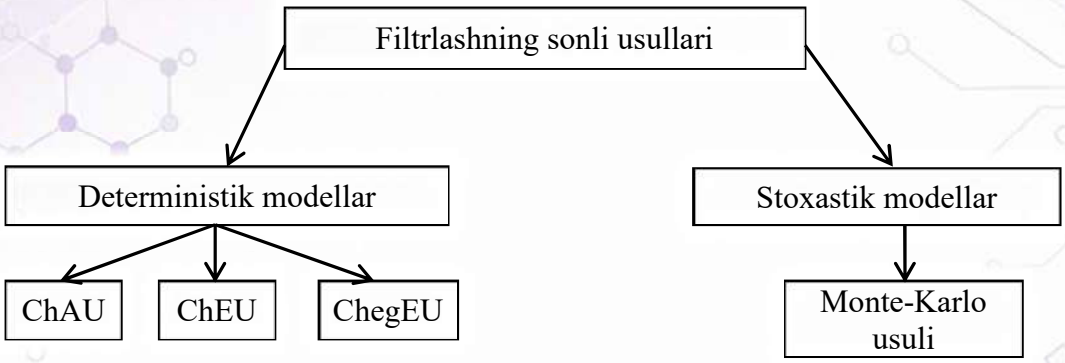
Deterministik modellar uchun muhim jihatlardan biri shundaki, o‘rganilayotgan obyekt haqidagi ma’lumotlar qanchalik ko‘p va aniq bo‘lsa, model ham shunchalik aniqroq va ishonchli bo‘ladi.

So‘nggi yillarda O‘zbekiston shaharlarining gidrogeologik muhiti haqida katta hajmdagi ma’lumotlar to‘planmoqda. Hozirgi kunda tuproq qatlamlari, bino va inshootlarning poydevorlari, yer osti suvlarining joylashuvi va boshqa ko‘plab parametrlar haqida keng ma’lumotlar mavjud bo‘lib, ular elektron ma’lumotlar bazalariga kiritilgan. Ushbu ma’lumotlardan so‘nggi paytlarda geografik axborot tizimlari (GAT) deb ataladigan zamonaviy axborot tizimlarida keng foydalanilmoqda.

Stoxastik modellar esa aniqlanmagan yoki ehtimollik xarakteriga ega bo‘lgan jarayonlarni tavsiflaydi. Bunday modellar statistik yondashuvlarga asoslanadi va odatda yetarli darajada o‘rganilmagan gidrogeologik obyektlarni, ayniqsa shahar tashqarisidagi hududlarni tavsiflashda qo‘llaniladi.

Stoxastik modellarni yaratishda eng ko‘p qo‘llaniladigan usullardan biri Monte-Karlo usuli bo‘lib, u ko‘pincha statistik sinov usuli deb ham ataladi. Ushbu usul tasodifiy sonlar generatsiyasi va ko‘p martalik hisoblash tajribalari asosida jarayonning ehtimoliy xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Sonli modellashtirish usullarini klassifikatsiyasi

Deterministik modellar odatda uchta asosiy usul asosida ishlab chiqiladi: chekli ayirmalar usuli (ChAU), chekli elementlar usuli (ChEU) va chegaraviy elementlar usuli (ChegEU). “To‘r usuli” deb ham ataladigan chekli ayirmalar usulida bosim qiymatlari to‘r tugunlarida aniqlanadi. Chekli elementlar usulida esa bosim qiymatlari tugun nuqtalarida emas, balki elementlar ichida aniqlanadi. Chegaraviy elementlar usulida esa faqat filtratsiya sohasi diskret ko‘rinishda ifodalanadi. Ushbu usullarning barchasidan foydalanish ko‘p vaqt talab qiladigan murakkab matematik hisoblashlar bilan bog‘liq bo‘lib, ular asosan differensial tenglamalar tizimini yechishga asoslanadi.

4. GEOFILTRATSIYANI KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH.

Geofiltratsiya tushunchasi hamda uni modellashtirish usullari va vositalari ushbu maqolada umumiy tarzda ko‘rib chiqildi. Chunki mazkur jarayonni to‘liq va batafsil yoritish alohida ilmiy asar hajmidagi tadqiqotni talab qiladi. Mazkur maqolaning asosiy maqsadi esa filtratsiya jarayoni va uni modellashtirish haqida umumiy ilmiy tasavvur berishdan iborat.

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, **gidrogeologiya fani matematika bilan uzviy bog‘liqdir**. Amaliy gidrogeologik tadqiqotlarning aksariyati murakkab matematik hisob-kitoblarni talab qiladi. Geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda esa matematik masalalar yanada murakkablashadi va ularni qo‘lda yechish deyarli imkonsiz bo‘lib qoladi.

Murakkab matematik masalalarni hal qilishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish g‘oyasi yarim asrdan ortiq vaqt davomida muvaffaqiyatli qo‘llanib kelinmoqda. Shu davr mobaynida kompyuterlardan inson faoliyatining ko‘plab sohalarida, jumladan, gidrogeologiya sohasida foydalanish bo‘yicha katta tajriba to‘plandi.

Hozirgi kunda gidrogeologik tadqiqotlarni amalga oshirish uchun xorijiy va mahalliy ishlab chiquvchilar tomonidan yaratilgan ko‘plab **gidrogeologik axborot tizimlari** mavjud.

ISSN 3030-3907

Gidrogeologik jarayonlarni, xususan geofiltratsiya jarayonini modellashtirish jarayonida barcha zamonaviy talablarga javob beradigan yangi axborot tizimini ishlab chiqish zarurati yuzaga keladi. Shu sababli bunday tizimni yaratishning maqsadga muvofiqligi masalasi yuzaga keladi. Bu savolga javob topish maqsadida mavjud axborot tizimlari qiyosiy tahlil qilindi.

Tadqiqotlar natijasida ko‘pchilik tizimlar odatda faqat **bitta modellashtirish usulidan** foydalanishi aniqlandi. Aslida bu ko‘p hollarda yetarli bo‘lsa-da, ayrim vaziyatlarda bir nechta usullarni birgalikda qo‘llash orqali yanada aniq hisob-kitoblarni amalga oshirish mumkin.

Shuningdek, mavjud tizimlarda **texnogen omillar ta’sirida yuzaga keladigan o‘zgarishlarni hisobga olish** imkoniyatlari yetarli darajada rivojlanmagan. Bu esa ayrim hollarda hisob-kitoblarning yetarli aniqlikda bo‘lmasligiga yoki olingan natijalarning noto‘g‘ri talqin qilinishiga olib keladi. Natijada noto‘g‘ri qarorlar qabul qilinishi va yer osti suv resurslaridan samarasiz foydalanish ehtimoli ortadi.

Bundan tashqari, mavjud modellashtirish tizimlari ko‘pincha **tabiiy tizimlar** va **tabiiy-texnogen tizimlar** o‘rtasidagi farqlarni yetarli darajada hisobga olmaydi. Bu esa ayrim hollarda ekspluatatsion suv zaxiralarining muhim qismini yo‘qotishga sabab bo‘lishi mumkin.

Tahlillar shuni ham ko‘rsatdiki, mashhur xorijiy axborot tizimlari ko‘pincha mahalliy gidrogeologik tadqiqotlarning o‘ziga xos xususiyatlarini to‘liq hisobga olmaydi. Bundan tashqari, bunday tizimlarning narxi juda yuqori bo‘lib, bu esa ayrim hollarda ularni amaliyotda qo‘llash imkoniyatlarini cheklaydi.

Shu sababli zamonaviy modellashtirish usullarini ishlab chiqish va ular asosida yangi **axborot modellashtirish tizimini yaratish** dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday tizim modellashtirish jarayonini soddalashtirish hamda olingan natijalarning ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

XULOSA.

Filtratsiya jarayoni yer osti suvlarining harakati va shakllanish qonuniyatlarini tavsiflovchi eng muhim gidrogeologik jarayonlardan biridir. Ushbu jarayonning ishonchli modeli mavjud bo‘lishi yer osti suvlaridan oqilona foydalanish imkonini yaratadi. Bu ayniqsa ichimlik suvi resurslari tanqisligi kuchayib borayotgan hozirgi davrda alohida ahamiyat kasb etadi.

Zamonaviy modellashtirish metodologiyasini ishlab chiqish uchun mavjud usullarni chuqur tahlil qilish va ulardan eng samaralilarini tanlab olish zarur. Ushbu usullarni yagona tizimga birlashtirish orqali zamonaviy ilmiy talablar va amaliy ehtiyojlarga javob beradigan kompleks metodologiyani yaratish mumkin.

ISSN 3030-3907

Yaratilgan metodologiya asosida gidrogeologik jarayonlarni modellashtirishga mo‘ljallangan axborot tizimi ishlab chiqiladi. Bu tizim modellashtirish natijalarini grafik ko‘rinishda vizuallashtirish hamda ishonchli matematik modellarni shakllantirish imkonini beradi.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida yer osti suvlarining filtratsiya jarayonini modellashtirishning yangi usullarini ishlab chiqish zarurligi yana bir bor tasdiqlandi. Bu esa mazkur yo‘nalishda keyingi ilmiy izlanishlar va amaliy tadqiqotlarni davom ettirish maqsadga muvofiq ekanligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Шестаков В.М. Гидродинамика. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 368 с.
2. Юсупов Р.А. Дамхўжа ер ости сув олиш иншооти ҳудуди геофильтрация жараёнларини моделлашда сонли ечиш алгоритмларини қуриш ва тадқиқи қилиш. // ТАТУ хабарлари илмий-техника ва ахборот-таҳлилий журнали. – Тошкент. 3(62) 2022. – Б. 21-31.
3. Гавич И.К. Гидродинамика. – М.: Недра, 1988. – 349 с.
4. Yusupov R.A., Axrolov Sh.S., Mirzanova N.M., Nasiriddinov A.N. Fraktal tuzilishga ega bo‘lgan g‘ovakli muhitdagi geofiltratsiya va geomigratsiya matematik modellari. // Техника фанлари журнал №5 (2020) DOI http://dx.doi.org/10.26739/2181-9696-2020-5, Б.39-45.
5. Алифанов О.М., Артюхин Е.А., Румянцев С.В. Экстремальные методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1988. – 288 с.
6. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков. – М.: Мир, 1990. – 662 с.
7. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Ибрагимов Л.Т., Эгамбердиев Х.С., Бегимкулов Д.К., Жуманов Ж.Ж., Хаккулова А.О. Многомерный подход к моделированию фильтрационных процессов гидрогеологических систем. // «O‘zbekiston zamini» илмий-амалий ва инновацион журнал. 2019 йил 2-сон. O‘ZDAVYERLOYIHA institute. Тошкент-2019. – Б. 19-27.

ISSN 3030-3907