

GIDROGEOLOGIK MODELLASHTIRISH MASALALARINI YECHISHDA MATEMATIK VA DASTURIY TA'MINOTINI ISHLAB CHIQUISH

Djumanov J.X., Yusupov R.A.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada yer osti suvlarini gidrogeologik va matematik modellashtirish, sonli yechish usullari tadbiri keltirilgan. Sonli yechish usullari orqali yer osti suvlari geofiltratsiya jarayonlarini dasturiy ta'minoti yaratish tavsifi bayon etilgan. Dasturiy ta'minot orqali Damxo'ja suv inshootida takriban eksperimentlar o'tkazilgan va yakuniy natijalar olingan. Olingan natijalar asosida yer osti suvlarining harakatini va holatini tahlili keltirilgan.

Kalit so'zlar: matematik modellashtirish, sonli yechish usullari, amaliy dasturiy paketlar, yer osti suv oqimi, dasturlash tillari, suv sathi, geofiltratsiya xususiyatlari.

KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil noyabr oyida "O'zbekiston Respublikasida ichimlik suvi ta'minoti va kanalizatsiya tizimlarini rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi PQ-4040 sonli Qarorida keltirilgan respublikamiz aholisini sifatli ichimlik suvi bilan ta'minlashni uzoq muddatli istiqbolda ichimlik suvi ta'minoti tizimini rivojlantirish va modernizatsiyalash bo'yicha kompleks chora-tadbirlar va maqsadli dasturlarni amalga oshirish kabi vazifalar bilan ushbu tadqiqotning dolzarbligini asoslaydi [1, 2].

Jahonda ko'plab ilmiy tadqiqotlar va hisoblash eksperimentlari geofiltratsiya jarayonlarini har tomonlama tatbiri asosida aholining ichimlik suviga bo'lgan talablarini qondirish, gidrotexnik inshootlar qurish, yer osti suvlari zaxiralarini baholash, atrof-muhitni muhofaza qilish, hududlarni suv toshqinidan himoyalash hamda mavjud gidrogeologik sharoitlarni to'g'ri aniqlash zarurligini ko'rsatmoqda. Shu sababli suv olish inshootlari asosida ichimlik suvi manbaining chuchuk suv resurslari turli xil shart-sharoitlarining o'zgarishi yer osti gidrosferasi holatini o'rganishga va yer osti suvlaridan samarali foydalanishda geofiltratsiya jarayonlarini matematik modellashtirish, dastlabki axborot massivi, ma'lumotlar bazalarini tuzish hamda ulardan foydalanish, avtomatlashtirilgan o'lchov monitoringini yuritish usullarini takomillashtirish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Yer osti suvlarining geofiltratsiya jarayonlari tavsilotlari va xususiyatlarini modellashtirish asosida o'rganish Ch.Teys, Ch.Djeykoba, L.Lukner, V.A.Mironenko, V.M.Shestakov, A.A.Samarskiy, N.N.Verigin, L.S.Yazvin, B.V.Borevskiy, I.K.Gavich kabi chet el olimlari, shuningdek, F.B.Abutaliyev, U.U.Umarov, I.X.Xabibullayev, R.N.Usmonov, N.Ravshanov, J.X.Djumanov, I.N.Gracheva, P.P.Nageyevich kabi vatandosh olimlar tadqiqotlar olib borgan [3, 4].

Tadqiqot obyektini mintaqaviy gidrogeologik tizimlardagi (yer osti suv konlaridagi) geofiltratsiya jarayonlari tashkil etishdi, predmeti esa tabiiy va texnogen omillar ta'sirida sodir bo'ladigan gidrogeologik jarayonlarning modellari, algoritmlari, dasturiy majmualaridan iborat.

Tadqiqotdan ko'zlangan maqsad gidrogeologik muhitda suv xo'jalik faoliyati o'zgarishi bilan yer osti suvlarini olish inshooti hududlarida ichimlik suvi zaxiralarini samarali baholashning geofiltratsion matematik modellarini ishlab chiqishdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar yechildi:

daryo o'zani va sohilbo'yi suv olish inshooti hududlarida gidrogeologik jarayonlarni matematik modellashtirishning hozirgi holatining tahlil qilish, yuzaga keladigan turg'unmas oqim rejimining asosiy xususiyatlarini aniqlash;

yer osti suv olish inshooti ish rejimini sxemalashtirish va suv olishning vaqt oralig'ida o'zgarishini, daryo oqimini infratuzilmasi ta'sirini aniqlashning matematik modeli va algoritmlarini yaratish;

matematik modellashtirish asosida turli xil gidrodinamik jarayonlarni hisobga olgan holda, yer osti suvlari konlarini Damxo'ja suv olish inshootining hududiy suvli qatlamlarida geofiltratsiya xususiyatlarini aniqlash; suv sathi gidrodinamikasi sohadagi tebranishlarni yaratilgan model va dasturiy vositalarini joriy qilish asosida suv olish inshootlarini ta'sir hududlarining chegaralarini aniqlash va raqamli xaritalarini yaratishdir.

ASOSIY QISM

Ushbu vazifalarni yechishda, yer osti grunt suvlari muvozanat tenglamasi, matematik modeli qurildi, yani - biror G sohada gidrogeologik tizimlarning geofiltratsiya jarayonlarini matematik modeli quyidagicha ifodalanadi [3, 4, 5]:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(km \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(km \frac{\partial h}{\partial y} \right) + W_{rd} - \delta Q_{vdz}. \quad (1)$$

bu yerda μ - qatlamning suv berish qobiliyati yoki to'yinganlikning yetishmovchiligi; $h = h(x, y)$ - yer osti suvlari sathi, m; $h = h(x, y)$ - qatlamni suv

sizilib o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, ya'ni filtratsiya koeffitsiyenti, m/sut; $m = (b - h)$ – suv tutuvchi qatlamning qalinligi, m; b – suv tutuvchi qatlamning yuzasi yoki ustki qismi, m; $Q_{vdz} = \sum_{i=1}^n Q_i$ – quduqlar sarfi, m/sut; δ – delta Dirak funksiyasi

$$\delta = \begin{cases} 1, \text{ agar } x = \bar{x}, y = \bar{y}, \\ 0, \text{ agar } x \neq \bar{x}, y \neq \bar{y}; \end{cases}$$

W_{rd} – yer usti suvning daryo, kanal, drenaj va zovurlardan yer osti qatlamlariga sizilib kirishi va chiqishi, bunda daryo va kanal bo'lgan hollarida $W_r = k(h_r - h) / F$; zovurlar ya'ni drenaj bo'lgan hollarida esa $W_d = k(h_d - h) / F$; F – daryo, kanal va zovurlarni tubining suv sizilishiga qarshilik ko'rsatkichi.

Hududning yon tomonlaridan kiruvchi va chiquvchi suv oqimlarini yuqorida qaralayotgan barcha hollarda chegaraviy shartlar asosida hisobga olinadi, bu esa differensial ko'rinishda quyidagicha ifodalanadi, grunt suvli yer osti qatlamlarda boshlang'ich shartlar $h(x, y, t_0) = \varphi_2(x, y); (x, y) \in G; t = t_0$; va $\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3$, $\Gamma \in G$ quyidagi chegaraviy shartlar

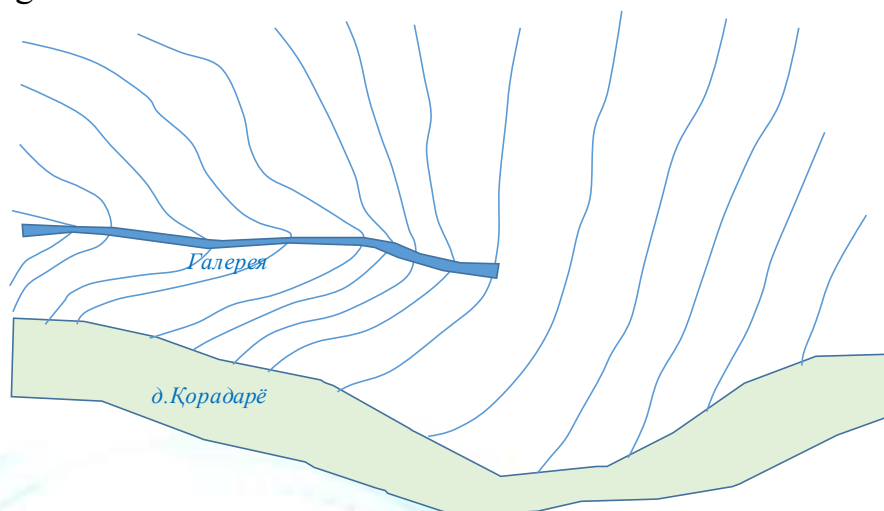
$$h(x, y, t_0) = \varphi_2(x, y); (x, y) \in \Gamma_1; t > t_0 \quad (\text{birinchi tur});$$

$$-km \frac{\partial h}{\partial n} = \varphi_3(x, y); (x, y) \in \Gamma_2; t > t_0 \quad (\text{ikkinchi tur});$$

$$-km \frac{\partial h}{\partial n} = \gamma(h_B - h); (x, y) \in \Gamma_3; t > t_0 \quad (\text{uchinchi tur});$$

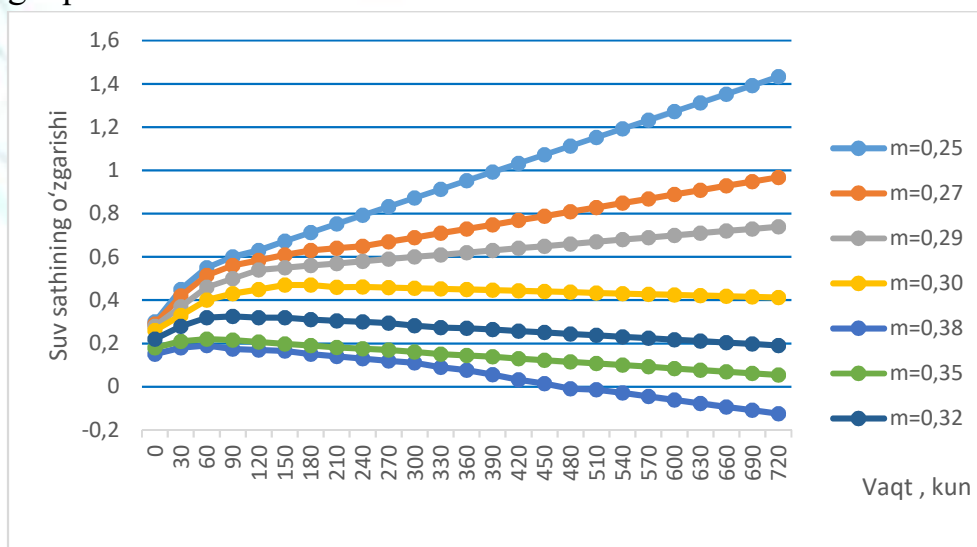
Geofiltratsiya jarayonlarini matematik modellashtirishda sonli usullar, algoritmlari va dasturiy majmuasini ishlab shiqish [4, 5] va ularni avborot ta'minoti [5, 6], gidrogeologik sharoitlarini sxematiklashtirish [7, 8], hamda amaliy masalalarda qo'llanishi [8, 9] da keltirilgan. Quyida ishlab chiqilgan uslub va texnologiyaning samaradorligi va natijaviyligini qiyosiy solishtirish hamda asoslash uchun chuchuk yer osti suvlari maydonining gidrodinamik ko'rsatkichlari bo'yicha, rejalashtirilgan suv olish inshootining ekspluatatsiya jarayonidagi imkoniyatlarini ko'rib chiqaylik. Modellashtirish jarayonida prognoz masalasini hal qilish shuni ko'rsatdiki (1-rasm), Quduqdan suv olish bilan solishtirganda (loyihaviy quduqlardan suv olish quvvati 45 l/s bo'lgan, ular orasidagi masofa 100 m bo'lgan quduqlar) gorizontal galereya tejamkorroq, chunki ular tortishish kuchi bilan bir xil miqdordagi suvni tortib olishga imkon beradi, ishlatish uchun suv osti nasoslarini

sotib olish va elektr energiyasi uchun hech qanday moliyaviy xarajatlarsiz (nishablik) amalga oshiriladi.



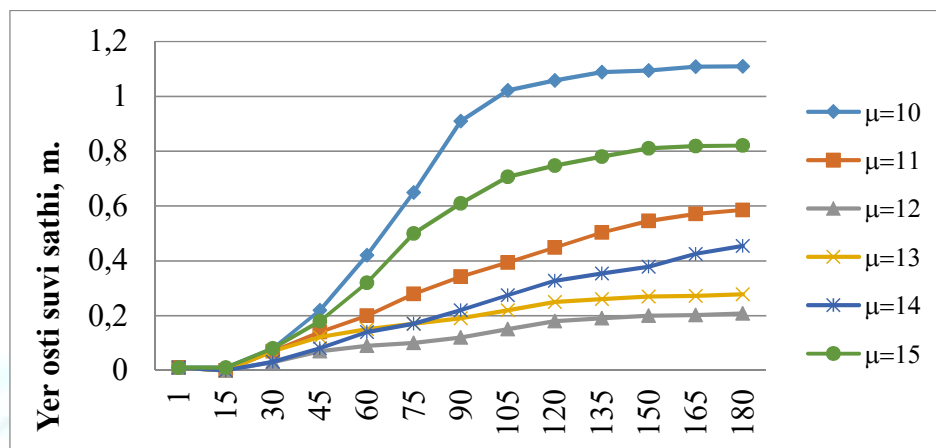
1-rasm. Modelda olingan hududning gidroizop'eza chiziqlari

Doimiy suv sathi berilgan chegaraviy shartlariga ko'ra uning qiymatlari daryo sathining o'zgarishi bilan sinxron ravishda o'zgardi, lekin – 1,0 m dan kichikroq tebranishda. Keyingi bosqichda daryo va kavlangan xandaq o'rtasidagi, ya'ni galereya ostidagi xandaqning o'ng tomonidagi shimoliy chegaradagi barcha oraliq qatlamlarda cho'kindi jinslarni filtrlash koeffitsiyentlari tanlanga (2-rasm). To'g'rilash jarayoni nazorat punktlarida (kuzatish quduqlari) yer osti suvlari sathining qoniqarli yaqinlashuviga va modelda galereyaning haqiqiy sarflanishiga ega bo'lguniga qadar davom etdi.



2-rasm. Filtratsiya koeffitsiyentining sath o'zarishiga ta'sirini qiyosiy taqqoslash

Teskari masalalarni hal qilishning oxirgi bosqichida suv berish koeffitsiyenti model bo'yicha eksperimentlar (3-rasm) takrorlash yo'li bilan kalibrlangan galereya bo'laginida yer usti suvining infiltratsiyasi suv berishni to'yintirishi natijasida oshadi.



3-rasm. Suv berish koeffitsiyentining sath o'zarishiga ta'sirini qiyosiy taqqoslash

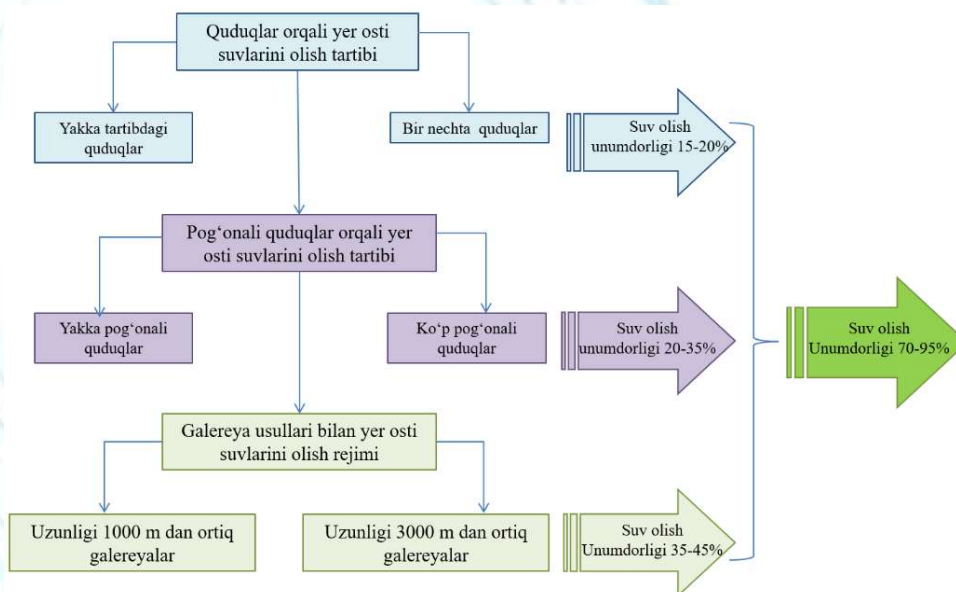
Barcha bosqichlarda cho'kindi jinslarning suv berishi, ya'ni tuyinganlik koeffitsiyentlarini to'g'rilash $\mu = 0.3$ ga teng bo'lganda o'ziga xos rentabellik qiymati (suv chiqishi koeffitsiyenti) va $\mu^* = 0.001$ ga teng bo'lgan maxsus saqlash qiymati (o'ziga xos to'planish) qabul qilingan qiymatlarida amalga oshirildi. Suv olish trubkasi 7,5 m chuqurlikda, daryo chetidan 50 metrdan ko'p bo'lmagan masofada oldindan belgilangan nishab bilan yotqizilishi, belgilangan yotqizish masofasini kuzatish o'ziga xos oqim tezligining pasayishiga va olinadigan yer osti suvlari sifatining yomonlashishiga olib kelishi aniqlangan.

Gorizontal galereya zonasining birinchi kamarining chegaralari yetarli darajada himoyalangan yer osti suvlaridan foydalanganda bo'lgani kabi, 50 m masofada o'rnatilishi kerak. Zonaning birinchi kamarining chegaralari suv olish va yer usti manbasi (Qoradaryo) orasidagi qirg'oqbo'yi hududini o'z ichiga olishi hamda daryoning yuqori oqimida chegara kamida 200 m, quyi oqimda - kamida 100 m masofada o'tishi kerak.

Masalaning yechimlari raqamli matematik model bo'yicha teskari masalalar tufayli aniqlangan va to'g'ri masalani yechish uchun tayyorlangan gidrogeologik xususiyatlar asosida amalga oshirildi. Bunda yakka tartibdagi skvajinlar, yarusli va galereya turidagi suv olish jarayonlari ko'rib chiqildi. Ushbu yechimlar natijasida 3000 m uzunlikdagi gorizontal suv olish inshootini loyihalashtirish, yer osti suvlarining ekspluatatsion zaxiralari qayta ko'rildi va yer osti suvlari holatidagi

o'zgarishlari hamda samaradorligi baholandi (4-rasm). Natijada gorizont galereya orqali yer osti suvlarini olish ichimlik suvi ehtiyojlari uchun mo'ljallangan, 3 ta ssenariy asosidagi yechimlar, har birida, ma'lum sharoitlarda gidrogeologik jarayonlar uchun ma'lum shartlarni modellashtirish ishlari amalga oshirilgan.

Daryo sathining vaqt o'tishi bilan o'zgarishini modelda aks ettirishi, model va yechimning 1-versiyasida 2018 yil iyun - 2019 yil may davrida 2,8 m, 1,9 m va 1,0 m chuqurlikdagi kanallarning 3 guruhi va daryo oqimining gidrogeologik rejimi o'rnatilgan. Minimal sath o'zgarishi qiymatlari 0,6 dan 1,0 m gacha; maksimal sath o'zgarishi - 2,30 - 2,70 m. Modeldagi iteratsiya davrlari sonini haddan tashqari oshirmaslik uchun bu o'lchovlar vaqt va iteratsiya davrida uzunligi 3000 m bo'lgan gorizont galereya kiritilgan, o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini suv zaxiralarini baholashda galereyasining oqim tezligini hisoblashga qisqartirildi. III-variant gidrogeologik rejimda bajarilgan tadqiq modelida galereyaning oqim tezligi 206,19 l/s ni, kam suvli davrda unumdorligi 44,91 l/s ni uzunligi 3 km bo'lgan galereyasi tavsiya qilindi.



4-rasm. Aholini ichimlik suviga bo'lgan birlamchi ehtiyojini qondirish sxemasi

Tadqiqot ishi Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida I-AT-2021-493 «Yer osti suvlarining sathini, haroratini va elektr o'tkazuvchanligini masofadan aniqlovchi innovatsion uskuna yaratish» mavzularidagi ilmiy loyihalari doirasida bajarilgan.

XULOSA

Yer osti va yer usti suvlarining o‘zaro munosabatlarini, daryo qirg‘og‘idagi yer osti suvi olish inshootiga ta‘sirini hisobga olgan holda quduqlar qatlamlarining o‘zaro ta‘sirining ikki o‘lchovli modelining tenglamalari chiqarildi, ularning yordami bilan yuzaga kelgan buzilishning tarqalish xarakterining bahosi olindi. Filtrning pastki qismidan chuqurlikka qarab quduqni to‘ldirish va chiqarish.

Parabolik tenglamalarni boshlang‘ich va chegaraviy shartlar asosida sonli yechish algoritmidan foydalanib, g‘ovak muhitda yer osti va yer usti suvlari o‘zaro filtrlanish masalalarining sonli yechimlari olindi. Sonli algoritmi suv olish inshootlari faol ish jarayonida “hal qiluvchi” sifatida, shuningdek, inersiyani hisobga olgan holda quduqning rezervuar o‘zaro ta‘siri masalasini hal qilish uchun ishlatilgan.

Masalaning yechimlari sonli matematik model bo‘yicha hal qilinganda teskari masalalar tufayli aniqlangan va to‘g‘ri masalani yechish uchun tayyorlangan gidrogeologik xususiyatlar asosida amalga oshirildi.

Ushbu yechimlar natijasida 3000 m uzunlikdagi gorizontal suv olish inshootini loyihalashtirish natijasida yer osti suvlarining ekspluatatsion zaxiralari qayta baholandi va yer osti suvlari holatidagi o‘zgarishlari baholandi. Gorizontal galereya orqali yer osti suvlarini olish ichimlik va maishiy sanoat ehtiyojlari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, 2 ta ssenariy asosidagi yechimlar, ularning har biri ma‘lum sharoitlarda gidrogeologik jarayonlar oqimi uchun ma‘lum shartlarni modellash ishlari amalga oshirilgan.

ADABIYOTLAR

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони. <https://lex.uz/docs/5841063>

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil noyabr oyida “O‘zbekiston Respublikasida ichimlik suvi ta‘minoti va kanalizatsiya tizimlarini rivojlantirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” gi PQ-4040 sonli Qarori

3. Абуталиев Ф.Б., Хабибуллаев И. Решение задачи фильтрации подземных вод в неоднородных многослойных водоносных горизонтах // Современные методы исследований и обработки данных в гидрогеологии / Тр.ГП «Институт ГИДРОИНГЕО» – Т.: САИГИМС, 1980. – Вып. 6. – С.14-20.

4. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Ахролов Ш.С., Эгамбердиев Х.С., Исроилов У.Б. Сув хўжалик фаолияти ўзгарган шароитларда ер ости сувлари харакатини математик моделлаш (Зарафшон воҳасининг Дамхўжа сув олиш

иншооти мисолида) // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. Илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. 2019. №4(10). – Б. 132-136.

5. Джуманов Ж.Х., Мирюсупов З.З., Юсупов Р.А. Геоинформационные технологии при математическом моделировании геофильтрационных процессов // «Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энергоресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари» мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуман материаллар тўплами. Андижон-2018. – Б. 100-102.

6. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С., Ишанходжаев О.А., Ахралов Ш.С. Математическое моделирование процессов геофильтрации подземных вод в многослойных средах (на примере китабо-шахрисабзкого месторождения подземных вод) // ТАТУ хабарлари илмий-техника ва ахборот-таҳлилий журнали. 2019. №3(51). – Б. 85-100.

7. Юсупов Р.А., Ахралов Ш.С., Жуманов Ж.Ж. Обоснование геофильтрационной схематизации математической модели для определения расчетных гидрогеологических параметров (на примере Дамходжинского водозабора). Materials of the international online distance conference on Modern informatics and ITS teaching methods (MITM2020). Andijan state university. DOI 10.26739/conf_20/05/2020_2. SECTION II. Information processing methods and algorithms. Part-2. Pages: 3-7.

8. Юсупов Р.А., Эгамбердиев Н.С., Ишанходжаев О.А., Ахралов Ш.А. Ер ости сувлари геофильтрация жараёнларини моделлашнинг дастурий таъминотини ишлаб чиқиш. Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. Илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. 4(14)/2020 – Б. 33-38.

9. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Эгамбердиев Х.С., Ахралов Ш.С. Программа прогнозирования движения подземных вод. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. –Ташкент, 2019. №DGU 2019 0843.