NEFT VA GAZ FILTRATSIYASI JARAYONI TAHLILI

Ermonova Mohinur Umidjon qizi
Guliston davlat pedagogika instituti,
Aniq fanlar kafedrasi tayanch doktoranti
ermonovamohinur97@gmail.com

Annotatsiya. *Ushbu maqolada g‘ovak muhitda neft va gaz filtratsiyasi jarayonlarini matematik modellashtirish muammosi ko‘rib chiqiladi. Filtratsiya jarayonlarining samaradorligini oshirish va qazib olish texnologiyalarini takomillashtirish uchun ularni to‘g‘ri modellashtirish muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot dolzarbligi shundaki, ko‘p qatlamli uglevodorodli jinslarda filtratsiya jarayonlarini tahlil qilish va optimallashtirish bo‘yicha hali ham yetarlicha mukammal yechimlar ishlab chiqilmagan. Maqolada filtratsiya jarayonlarini ifodalovchi differentsial tenglamalar, g‘ovak muhitning fizik xususiyatlari hamda ularning parametrik bog‘liqliklari tahlil qilinadi. Bundan tashqari, filtratsiya jarayonlarining asosiy omillari, jumladan, g‘ovaklik, o‘tkazuvchanlik va siqiluvchanlik koeffitsiyentlari o‘rganilib, matematik modellashtirish usullari taklif etiladi. Tadqiqotda Darsi qonuni va uning zamonaviy interpretatsiyasi asosida matematik model ishlab chiqilgan bo‘lib, natijalari neft va gaz konlarini samarali boshqarish uchun ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *g‘ovak muhit, filtratsiya, qovushqoqlik, g‘ovaklik koeffitsiyenti, o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti, filtratasiya tezligi, matematik model, differentsial tenglamalar, nostatsionar jarayonlar.*

Kirish. Hozirgi davrda neft va gaz konlaridan oqilona foydalanish nafaqat milliy, balki global miqyosda muhim masalalardan biri sanaladi. Neft va gaz sanoati jahon iqtisodiyotida asosiy tarmoqlardan biri bo‘lib, bu resurslarning qazib olinishi va ulardan samarali foydalanish texnologiyalarini rivojlantirish dolzarb ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, ko‘p qatlamli g‘ovak jinslarda neft va gaz filtratsiyasi jarayonlarini aniq modellashtirish, quduq ekspluatatsiyasini optimallashtirish va qazib olish samaradorligini oshirish hozirgi ilmiy izlanishlarning asosiy yo‘nalishlaridan biridir. Shu sababli, rivojlangan mamlakatlarda nostatsionar filtratsiya jarayonlari uchun matematik modellar yaratish, hisoblash algoritmlarini ishlab chiqish hamda maxsus dasturiy vositalarni joriy etish ustida izlanishlar davom etmoqda.

Neft va gaz konlarini aniqlash va ulardan foydalanish katta mablag‘ talab etishi bilan birga, ushbu tabiiy resurslardan samarali foydalanish mamlakat iqtisodiyotiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Neft-gaz mahsulotlariga bo‘lgan talabning oshishi ushbu konlarni ratsional boshqarish va qazib olish jarayonlarini takomillashtirish zaruratini

yuzaga keltirmoqda. Shuningdek, neft va gaz zaxiralarining qayta tiklanmasligi va laboratoriya sharoitida sun'iy neft ishlab chiqarishning murakkabligi ushbu sohada ilmiy tadqiqotlarning dolzarbligini oshiradi. Shu nuqtai nazardan, qazib olish jarayonlarining asosiy parametrlarini oldindan bashorat qilish va optimal boshqarish uchun maxsus matematik modellar, sonli yechish algoritmlari va dasturiy ta'minot yaratish muhim ahamiyatga ega.

G'ovak muhitda filtratsiya jarayonlarini o'rganish bo'yicha dastlabki ilmiy tadqiqotlar XIX asrga borib taqaladi. Ushbu yo'nalishda muhim natijalardan biri fransuz olimi Anri Darsi tomonidan 1856-yilda ilgari surilgan bo'lib, u suyuqliklarning g'ovak strukturalar ichida harakatlanish qonuniyatlarini aniqlab, keyinchalik "Darsi qonuni" deb nom olgan tamoyilni asoslab berdi.

Keyingi yillarda bu sohaga qator olimlar o'z hissalarini qo'shgan. Masalan, J. Bear (1972) [1] o'z tadqiqotlarida g'ovak muhitda bir nechta suyuqlik oqimining o'zaro ta'sirini modellashtirish va ko'p qatlamli muhitlarda o'tkazuvchanlik gradientlarini aniqlash usullarini ishlab chiqdi. Ushbu tadqiqot natijalari oqim tezligi bilan gradient o'rtasidagi bog'liqlikni aniq tavsiflashga yordam berdi.

G. F. Pinder va W. G. Gray (1980) [2] esa yer osti suvlarining qatlamlararo harakatini tasvirlash uchun differentsial tenglamalar tizimini ishlab chiqib, bosim farqlari hisob-kitoblarini aniqlik bilan aniqlash imkonini beradigan matematik modelni taklif qildi. Bu ishlarning ahamiyatli tomoni shundaki, ular ko'p qatlamli filtratsiya jarayonlarini modellashtirishda sonli usullar qo'llanilishini samarali deb topdi.

J. Toth [3] esa o'z izlanishlarida regional oqim zonalarining o'zaro ta'sirini geometrik va analitik yondashuvlar yordamida tavsiflab, oqimning bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan muhitlarda qanday kechishini chuqur tahlil qilgan. Uning tadqiqotlari, ayniqsa, yirik miqyosdagi filtratsiya jarayonlarini modellashtirishda qo'llaniladigan nazariy tamoyillarni shakllantirishga xizmat qilgan.

R. Helmig [4] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ko'p fazali oqimlar uchun yangi sonli yondashuvlar ishlab chiqilgan bo'lib, unda harorat va kimyoviy reaksiyalarning filtratsiya jarayonlariga ta'siri inobatga olingan. Ushbu tadqiqot natijasida ko'p qatlamli muhitlarda issiqlik va kimyoviy jarayonlarning o'zaro bog'liqligi aniq modellashtirildi.

V. Konyuxov va I. Konyuxov [9] esa o'z ishlarida qazib olish quduqlaridagi gidrodinamik jarayonlarning o'zaro bog'liqligini o'rganib, elastik po'lat kabel orqali portlash kamerasining tebranishlari va gidravlik zarbalar natijasida hosil bo'luvchi yoriqli g'ovak strukturalarda neft filtratsiyasini modellashtirishga e'tibor qaratgan. Ularning tadqiqotlari matematik va sonli modellashtirish usullari orqali ushbu jarayonlarning fizikaviy tafsilotlarini chuqur tahlil qilish imkonini bergan.

Mazkur sohada O'zbekistonlik olimlar ham o'z ilmiy hissalarini qo'shgan. Jumladan, R. T. Sadikov [5] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda bo'lakli bir jinsli

bo‘lmagan g‘ovak muhitli qatlamlarda hamda dinamik aloqaga ega ko‘p qatlamli neft konlarida nostatsionar filtratsiya jarayonlarining matematik modellarini ishlab chiqish masalasi o‘rganilgan. U tomonidan ishlab chiqilgan modellarda sust o‘tkazuvchan qatlamlar mavjud bo‘lgan kon tizimlari uchun filtratsiya jarayonining matematik ifodalanishi berilgan bo‘lib, shuningdek, uch qatlamli g‘ovak muhitda neftning nostatsionar filtratsiya chegaraviy masalasini sonli usullar va maxsus algoritmlar orqali yechish usullari ishlab chiqilgan.

S. M. Aminov [6] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda kollektorlarning gidrodinamik xususiyatlari hisobga olingan holda g‘ovak muhitda suyuqlik va gaz filtratsiyasini tavsiflovchi matematik model ishlab chiqilgan. Shuningdek, qatlamlararo bosim ta’sirlarini inobatga olgan holda neft filtratsiyasining matematik modeli va ushbu jarayonni tahlil qilishga mo‘ljallangan sonli yechish algoritmlari ishlab chiqilgan. Mazkur tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan matematik apparatlar neft va gaz konlarini o‘zlashtirish jarayonidagi asosiy parametrlarning o‘zgarishini baholash va bashorat qilish imkonini beruvchi dasturiy ta’minot yaratishga xizmat qilgan.

I. I. Xolmatova [7] esa o‘z tadqiqotlarida neft, gaz va suv bosimi ta’sirida kechuvchi filtratsiya jarayonlarini g‘ovak muhit parametrlariga bog‘liq holda modellashtirishga e’tibor qaratgan. Uning ishlarida g‘ovaklik, o‘tkazuvchanlik, to‘yinganlik va effektiv balandlik kabi asosiy fizik kattaliklarning butun maydon bo‘ylab taqsimlanishini aniqlash uchun matematik modellar takomillashtirilgan. Bundan tashqari, suv bosimi ta’sirida chegaraning siljishi inobatga olingan holda ikki o‘lchovli filtratsiya jarayonini tavsiflovchi yangi matematik model ishlab chiqilgan va uni yechish uchun mos sonli algoritmlar hamda dasturiy vositalar ishlab chiqilgan.

I. Alimov va D. S. To‘xtanazarovlarning [10] tadqiqotlarida ko‘p qatlamli plastlardagi suyuqlik filtratsiyasi jarayonlarini tavsiflovchi fizik va matematik modellar ishlab chiqilgan. Ularning ishlarida oraliq model asosida hisoblash algoritmi ishlab chiqilib, maxsus dasturiy ta’minot yaratilgan. Ushbu algoritm orqali turli darajadagi o‘tkazuvchanlikka ega qatlamlarda bosim taqsimoti va qatlamlararo suyuqlik sizib o‘tish jarayonlari aniq baholangan. Shuningdek, oraliq model yordamida hisoblash jarayonini optimallashtirishga erishilgan bo‘lib, u boshqa modellashtirish usullaridan sezilarli farq qilmagan.

N. M. Qurbonov va E. A. Salievlar [11] o‘z tadqiqotlarida g‘ovak muhitda “neft-gaz-suv” aralashmasi filtratsiya jarayonlarini modellashtirishga qaratilgan matematik model va maxsus dasturiy vosita ishlab chiqishgan. Ularning tadqiqotlari asosida o‘tkazilgan sonli hisob-kitoblar yordamida qatlamning ekspluatatsiya muddati, uning uzunligi, quvvati, quduqlar soni va debit ko‘rsatkichlariga bog‘liq ravishda asosiy parametrlar aniqlangan. Shuningdek, ishlab chiqilgan algoritm va dastur bosim va to‘yinganlik maydonlarini modellashtirish bilan birga, “neft-gaz”,

“neft-suv” va “neft-gaz-suv” tizimlarida konlarni ekspluatatsiya qilish samaradorligini baholash imkonini bergan.

N. Ravshanov, Yu. N. Islomov va M. Kukanova [12] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda turli gidrogeologik xususiyatlarga ega bo‘lgan, bir jinsli bo‘lmagan g‘ovak muhitda beqaror neft va gaz filtratsiyasi jarayonlarini modellashtirish uchun matematik model va sonli algoritm ishlab chiqilgan. Ushbu modelda filtratsiya jarayoni qatlam bosimining qayta taqsimlanishi va qatlamning quvvati koeffitsiyentlariga bog‘liq ravishda vaqt va fazo koordinatalari bo‘yicha tahlil qilingan.

V. F. Burnashev va J. Salimovning [13] tadqiqotlarida esa suv toshqini sharoitida neft va gaz filtratsiyasi jarayonlarini modellashtirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Ular tomonidan ishlab chiqilgan matematik modelda neft va gaz kollektorining suv bosimi ta’sirida ko‘p fazali oqim dinamikasi bashorat qilingan. Shuningdek, neft va gaz omborlari hamda ularning suv havzalari bilan o‘zaro bog‘liqligi inobatga olingan holda matematik tahlil amalga oshirilgan.

D. S. Yaxshiboyev va A. H. Usmonov [14] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda yer osti sizot suvlarining sath o‘zgarish jarayonlarini matematik modellashtirish va ushbu modellarni turli sonli usullar yordamida yechish masalalari o‘rganilgan. Shuningdek, bu tadqiqotda yer osti suvlarining oqim xususiyatlari va sathining dinamik o‘zgarishlarini tavsiflovchi asosiy gidrogeologik qonunlar hamda differensial tenglamalar tahlil qilingan.

Tabiiy sharoitda qatlamlar siqilgan holatda bo‘lib, neft qazib olish jarayoni boshlanishi bilan quduq atrofida bosimning pasayishi kuzatiladi. Vaqt o‘tishi bilan ushbu bosimning kamayishi natijasida pasayish sohasi kengayib borib, quduq samaradorligi sezilarli darajada pasayadi. Bu jarayonni modellashtirishda g‘ovak qatlamlarda suyuqlik filtratsiyasining fizik xususiyatlarini aniq hisobga olish muhim ahamiyatga ega. Mazkur yo‘nalishda asosiy fundamental tadqiqotlar R. Sadullayev va F. B. Abutaliyev tomonidan olib borilgan [15, 16].

Filtratsiya jarayonini tavsiflash uchun filtratsiya nazariyasining asosiy tushunchalari va tegishli matematik ifodalarni ko‘rib chiqamiz.

G‘ovak muhit – bu o‘zaro zich joylashgan sementlangan yoki sementlanmagan mayda qattiq zarrachalar orasidagi bo‘shliqlardan iborat bo‘lib, ushbu bo‘shliqlarda suyuqlik yoki gaz mavjud bo‘lishi mumkin. G‘ovak muhitning strukturaviy xususiyatlarini aniqlashda **g‘ovaklik koeffitsiyenti** muhim o‘rin tutadi. Ushbu koeffitsiyent, muhitdagi bo‘shliqlar hajmining uning umumiy hajmiga nisbati orqali aniqlanadi.

$$m = \frac{V_0}{V}. \qquad (1)$$

Agar g‘ovak muhit ichida bosim farqi yuzaga kelsa, suyuqlik yuqori bosimli hududdan past bosimli sohaga harakatlana boshlaydi. Suyuqlik yoki gazning g‘ovak yoki yoriqli muhit ichida oqishiga filtratsiya deyiladi.

Filtratsiya jarayoniga ta’sir qiluvchi muhim fizikaviy xususiyatlardan biri – yopishqoqlik bo‘lib, bu flyuidning qattiq jismlar bilan o‘zaro ta’siriga bog‘liq. Filtratsiya jarayoni davomida suyuqlikning qattiq jismlar orasidan harakatlanishi ma’lum qarshiliklarga uchraydi. Flyuid qatlamlarining o‘zaro nisbiy siljishida yuzaga keladigan ichki ishqalanish yopishqoqlik koeffitsiyenti bilan ifodalanadi.

G‘ovak muhitning yana bir asosiy xususiyati – o‘tkazuvchanlik, ya’ni bosim gradienti ta’sirida suyuqlikni yoki gazni o‘tkazish qobiliyati. Uglevodorod gazlarining harakatini tavsiflashda ideal gaz qonunlari doim ham yetarli bo‘lmaydi. Shu sababli siqiluvchanlik koeffitsiyenti tushunchasi joriy qilinadi. Bu koeffitsiyent real gazning hajmini muayyan sharoitdagi (bosim va harorat) ideal gaz hajmi bilan solishtirish imkonini beradi.

Neft, gaz yoki ularning aralashmalarining fizik parametrlarini aniqlash va qatlam xususiyatlarini tavsiflash uchun matematik tenglamalar tizimi qo‘llaniladi. Ushbu tenglamalar deformatsiyalanadigan muhitda siqiluvchan suyuqlik yoki gazning umumiy holatini ifodalovchi differensial bog‘lanishlar asosida tuziladi. Bunday matematik ifodalar g‘ovak yoki darzli muhitdagi elementar hajm ichida suyuqlik yoki gaz massasi balansini hisoblashga asoslangan.

Filtratsiya muhitining matematik modelini yaratish uchun yon tomonlari dx, dy, dz, bo‘lgan harakatlanmaydigan elementar parallelepiped ajratiladi va uning yon yuzalaridan suyuqlik oqimining o‘tishi tahlil qilinadi. Ushbu ajratilgan parallelepiped hajmi $V = dxdydz$ deb belgilanadi va g‘ovak muhitning umumiy hajmi quyidagi matematik ifoda orqali aniqlanadi:

$$V_0 = m \cdot V. \qquad (2)$$

Ajratilgan parallelepiped ichidagi suyuqlik massasining dt vaqt davomida qanday o‘zgarishini aniqlash uchun ikki xil yondashuvdan foydalanamiz.

Ushbu elementar parallelepiped g‘ovak muhit bilan to‘ldirilgan bo‘lib, uning ichidagi suyuqlik massasi M bilan belgilanadi, u holda:

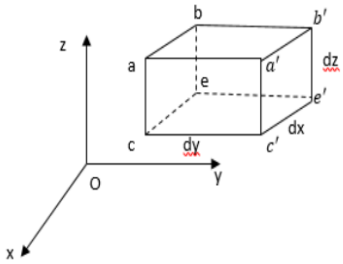
$$M = mV\rho. \qquad (3)$$

Ushbu ifodani differensiallash orqali dt vaqt davomida suyuqlik M massasining o‘zgarishini aniqlash mumkin:

$$\frac{\partial M}{\partial t} dt = V \frac{\partial (m\rho)}{\partial t} dt. \qquad (4)$$

Boshqa tomondan qaralganda $aa'b'b$ parallelepipedning yon yuzasidan suyuqlik kirib keladi. Bu jarayonda massali filtratsiya tezligi ρv_x orqali suyuqlik oqimi ifodalanadi va dt vaqtda $dydz$ tomon yuzasidan $\rho v_x dydzdt$ kiruvchi massaning umumiy miqdori aniqlanadi. Shu bilan birga, dx masofa bo‘ylab $cc'e'e$

teskari yo‘nalishda shu vaqt oralig‘ida $\rho v_x dydzdt + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x)dxdydzdt$ miqdorda suyuqlik chiqib ketadi.



dt vaqt davomida parallelepiped ichida to‘plangan suyuqlik massasi kiruvchi va chiquvchi suyuqlik massalarining farqiga teng bo‘ladi:

$$-\frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x)\cdot Vdt.$$

Xuddi shunday yondashuv orqali Oy va Oz o‘qlari bo‘yicha ham suyuqlik massasining o‘zgarishi aniqlanadi

$$-\frac{\partial}{\partial y}(\rho v_y)\cdot Vdt,$$

$$-\frac{\partial}{\partial z}(\rho v_z)\cdot Vdt.$$

Oxirgi uch ifodalarning yig‘indisi, dt vaqt davomida parallelepiped hajmi bo‘yicha g‘ovak muhit ichida to‘plangan suyuqlikning to‘liq massasini ifodalaydi, ya’ni:

$$-\left[\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z}\right]\cdot Vdt = -div(\rho\vec{v})\cdot Vdt. \qquad (5)$$

bu yerda, $div(\rho\vec{v})$- tenglama chap tomonidagi ifoda massali filtratsiya tezligi vektori divergensiyasini aks ettiradi; $\rho\vec{v}$- massali filtratsiya vektori.

(4) va (5) ifodalar o‘zaro tenglashtirilganda, filtratsiya oqimining uzluksizligi tenglamasi hosil bo‘ladi:

$$\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = -\frac{\partial(m\rho)}{\partial t}. \qquad (6)$$

Darsi qonuniga muvofiq, filtratsiya tezligining differensial tenglamalari quyidagi shaklda yoziladi:

$$\begin{cases} v_x = -\frac{k}{\mu}\cdot\frac{\partial p}{\partial x} \\ v_y = -\frac{k}{\mu}\cdot\frac{\partial p}{\partial y}, \\ v_z = -\frac{k}{\mu}\cdot\frac{\partial p}{\partial z} \end{cases} \qquad (7)$$

(7) ifodani (6) ga qo‘yganda va $\rho = \frac{p}{zRT}$ ekanligidan quyidagi umumiy tenglama hosil bo‘ladi:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{k}{z\mu}\cdot\frac{\partial p^2}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{k}{z\mu}\cdot\frac{\partial p^2}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{k}{z\mu}\cdot\frac{\partial p^2}{\partial z}\right)=\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{mp}{z}\right). \quad (8)$$

(8) tenglama g‘ovak muhitda siqiluvchan suyuqlikning Darsi qonuni asosidagi barqaror filtratsiya jarayonini tavsiflaydi.

Keltirib chiqarilgan differensial tenglamalar tarkibida flyuid zichligi p, g‘ovaklik koeffitsiyenti m, o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti k va flyuid qovushoqligi μ kabi kattaliklar mavjud. Ushbu koeffitsiyentlar bosimga bog‘liq holda o‘zgarishi mumkin. Izotermik sharoitda bunday bog‘liqlik suyuqlik, gaz yoki ularning aralashmalarining qatlam ichidagi dinamik xususiyatlarini tavsiflaydi.

Tenglamalar sistemasi yechimini topish uchun bunga boshlang‘ich va chegaraviy shartlarni qo‘shish zarur.

Agar aniqlanadigan funksiya qatlam bosimi bo‘lsa, boshlang‘ich shart quyidagi shaklga ega bo‘lishi mumkin:

$$t = 0 \quad da\ p = p_0(x, y, z). \quad (9)$$

Bu shuni anglatadiki, $t = 0$ momentda qatlam ichida bosim taqsimlanishi berilgan bo‘ladi.

Agar boshlang‘ich momentda qatlamda harakat sodir bo‘lmasa, unda boshlang‘ich shart quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$t = 0\ \ da\ \ p = p_k = const. \quad (10)$$

Chegaraviy shartlar esa qatlam chegaralarida belgilangan bo‘lib, ularning soni koordinatalar bo‘yicha differensial tenglamalar soniga teng bo‘lishi kerak.

Chegaraviy shartlarning turli holatlari mavjud bo‘lib, ular quyidagicha bo‘lishi mumkin:

I. G ning tashqi chegarasida quyidagi holatlar ko‘rib chiqiladi:

1) O‘zgarmas bosim sharti:

$$p(G, t) = p_k = const, \quad (11)$$

ya’ni, ushbu shart chegaradagi iste’mol konturiga mos keladi.

2) Chegaradan o‘tadigan doimiy oqim:

$$\frac{\partial p}{\partial n} = const, \quad (12)$$

bu yerda, n – filtratsiya oqimi yo‘nalishini normallashtiruvchi vektor.

3) Chegaradan o‘tadigan o‘zgaruvchan oqim:

$$\frac{\partial p}{\partial n} = f_1(t), \quad (13)$$

4) Yopiq tashqi chegara

$$\frac{\partial p}{\partial n} = 0, \qquad (14)$$

5) Qatlamning cheksizligi sharti:

$$\lim_{x\to\infty, y\to\infty} p(x, y, t) = p_k = const, \qquad (15)$$

II. Ichki chegarada quduq tubidagi shartlar aniqlanadi:

1) Quduq tubida o‘zgarmas bosim mavjud bo‘lsa:

$$p(r_c, t) = p_c = const, \qquad (16)$$

bu yerda, r_c – quduq radiusi.

2) O‘zgarmas debit sharti. Ushbu shart Darsi qonuni bajarilgan holatda quyidagi shaklda yoziladi:

$$Q = V_r \cdot \omega = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} \cdot 2\pi r_c h = const,$$

yoki

$$r = r_c \quad da \quad r\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{Q \cdot \mu}{2\pi k h} \quad . \qquad (17)$$

Bu yerda $2\pi r_c h$ – quduqning yon sirti yuzasi; h – qatlam qalinligi.

3) Quduq tubida bosim o‘zgaruvchan bo‘lsa:

$$r = r_c \quad da \quad p(r_c, t) = f_2(t) \qquad (18)$$

4) O‘zgaruvchan debit sharti:

$$r = r_c \quad da \quad r\frac{\partial p}{\partial r} = f_3(t) \qquad (19)$$

5) Quduq ajratilgan holat:

$$r = r_c \quad da \quad r\frac{\partial p}{\partial r} = 0 \qquad (20)$$

Xulosa. Neft va gaz sanoati global energetika tizimining asosiy tarmoqlaridan biri bo‘lib, ushbu sohada qazib olish samaradorligini oshirish va ilg‘or texnologik yondashuvlarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Ishlab chiqarish jarayonida qatlam ichida sodir bo‘layotgan fizik-kimyoviy o‘zgarishlar ko‘p hollarda bevosita kuzatilishi mushkul bo‘lib, ularni tushunish va tahlil qilish uchun konlarning holatini chuqur o‘rganish talab etiladi.

Ushbu jarayonlarni aniq modellashtirish va bashorat qilish uchun qazib olish maydonida joylashgan quduqlardan olingan ma’lumotlardan to‘liq foydalanish zarur. Bu esa neft va gaz konlarini samarali ekspluatatsiya qilish va ularning kelajakdagi holatini oldindan aniqlash imkonini beradi.

Har bir neft-gaz koni o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lib, ularni bir xil model asosida tahlil qilish mumkin emas. Shu sababli, har bir kon uchun individual yondashuv va moslashuvchan modellashtirish usullarini ishlab chiqish talab etiladi.

Bu esa ushbu yo‘nalishda hali ham amalga oshirilishi lozim bo‘lgan ilmiy-tadqiqot ishlarining dolzarbligini ko‘rsatadi.

Adabiyotlar

1. J. Bear, Dynamics of Fluids in Porous Media, Elsevier, 1972.
2. G. F. Pinder and W. G. Gray, Finite Element Simulation in Subsurface Hydrology, Springer-Verlag, 1980.
3. J. Toth, “A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins,” J. Geophys. Res., vol. 68, no. 16, pp. 4795–4812, 1963.
4. R. Helmig, Multiphase Flow and Transport Processes in the Subsurface, Springer-Verlag, 1997.
5. R. T. Sadikov, “Bo‘lakli bir jinsli bo‘lmagan g‘ovak muhitda suyuqliklar filtratsiya jarayonlarini matematik modellashtirish,” Toshkent, 2021.
6. S. M. Aminov, “Bir jinsli bo‘lmagan qatlamli g‘ovak muhitda neft va gaz filtratsiyasi jarayonini matematik modellashtirish,” Toshkent, 2023.
7. I. I. Xolmatova, Ko‘p qatlamli g‘ovak muhitlarda suyuqlik va gaz filtratsiyasi jarayonlarini matematik modellashtirish, Toshkent, 2024.
8. N. N. Mahmudov, M. A. Tursunov, S. S. Eshev, and X. B. Asadova, Yer osti gidravlikasi, Toshkent, 2015.
9. V. Konyukhov and I. Konyukhov, “Численные модели, алгоритмы и программное обеспечение для количественной оценки импульсно-амплитудного воздействия имплозии на пористо-трещиноватую среду в нижней части скважины,” in Proc. IEEE East-West Symp., 2018.
10. I. Alimov and D. S. To‘xtanazarov, “Ko‘p qatlamli plastlardagi suyuqlik filtratsiyasi masalasining modellari va yechish usullari,” Hisoblash va amaliy matematika muammolari, vol. 1, no. 1, pp. 5–12, 2016.
11. N. M. Qurbonov and E. A. Saliyev, “G‘ovak muhitdagi neft, gaz va suv filtratsiyasi jarayoni tadqiqoti uchun hisob tajribalari,” Hisoblash va amaliy matematika muammolari, vol. 1, no. 1, pp. 13–22, 2016.
12. N. Ravshanov, Yu. N. Islomov, and M. Kukanova, “Uch qatlamli g‘ovak muhitda neft va gaz filtratsiyasi masalasini sonli modellashtirish,” Hisoblash va amaliy matematika muammolari, vol. 1, no. 1, pp. 29–45, 2016.
13. Бурнашев В.Ф., Салимов Ж. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ПЛАСТЕ ПРИ ЕГО ЗАВОДНЕНИИ // “Internetional conference on learning and teaching” 2022/4 520-525 b.
14. Yaxshiboyev D.S., Usmonov A.H. Yer osti sizot suvlari sathining o‘zgarishini matematik modellashtirish va sonli tadbiq etish // “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali. Ta’limdagi ilmiy, ommabop va ilmiy tadqiqot ishlari. 4-son 1(8) 2024, 158-162 b.

15. Абуталиев Э.Б., Кутлумуратов Дж., Садуллаев Р. Численно аналитические методы расчета нестационарной фильтрации в системах пластов жидкости и газа. – Нукус: Каракалпакстан, 1977. – 232 с.
16. Садуллаев Р. Решение стационарной задачи теории фильтрации с внутренними и внешними граничными условиями глобальным. Методом Монте-Карло // Алгоритмы и программы. – 1974. – Вып. 17. – С. 2-13.

