

KATTA CHUQURLIKDAGI KARBONAT KOLLEKTORLARDA ANOMAL QATLAM BOSIMLARINING SHAKLLANISH QONUNIYATLARI VA ULARNING GIDRAVLIK TABIATI

Rahimov Ashraf Rasul o'g'li¹ – professor

Usmonov Kuvonchbek Mannonovich² – dotsent,

E-mail: kuvonchbek.usmonov@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7477-6440

Buronov Firdavsiy Eshburiyevich¹ – dotsent

¹Abu Rayhon Beruniy Universiteti, Qarshi Kampusi, Qarshi, O'zbekiston

²Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

ANNOTATSIYA

Maqolada katta chuqurlikdagi (3000 metrdan ortiq) neft-gaz kollektorlarida anomal qatlam bosimlarining (yuqori va past) shakllanish mexanizmlari, ularning gidravlik-termodinamik tabiati va Qashqadaryo viloyatidagi Alan gaz koni misolida namoyon bo'lish xususiyatlari tahlil qilingan. Chuqur quduqda ta'sir etuvchi bosimlar tizimi (geostatik, gidrostatik, qatlam, gidrodinamik va differensial bosimlar) ilmiy jihatdan tasniflangan, ularning o'zaro bog'liqligi matematik ifodalar orqali asoslangan. Anomallik koeffitsiyenti tushunchasi va uning diapazonlari (0,45 dan 2,10 gacha) yoritilgan. Alan konining boshlang'ich bosqichida me'yoriy gidrostatik bosimga yaqin bo'lgani, biroq 40 yildan ortiq ekspluatatsiya natijasida anomal past qatlam bosimi (ANPB, $K_a=1,7-1,8$ dan pasayib) sharoitiga o'tgani ko'rsatilgan. Poristik-darzli muhitlarda ko'p fazali filtratsiya nazariyasining zamonaviy holati va mavjud gidravlik hisob-kitob usullarining kamchiliklari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: *anomal qatlam bosimi, gidrostatik bosim, geostatik bosim, anomallik koeffitsiyenti, karbonat kollektor, Alan gaz koni, nolinear filtratsiya.*

KIRISH

Jahon neft-gaz sanoatida burg'ilash chuqurliklarining barqaror o'sishi so'nggi yarim asr davomida geologik-texnik fikrning ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylandi. Agar XX asrning o'rtalarida 3000 metrdan chuqurroq quduqlar noyob hisoblangan bo'lsa, hozirgi kunda dunyoning yetakchi neft-gaz provinsiylarida (Prikaspiy, Meksika ko'rfazi, Shimoliy dengiz, G'arbiy Sibir) 5000-7000 metr va undan ortiq chuqurlikdagi quduqlar odatiy amaliyotga aylanib bormoqda. Bunday chuqurliklarga xos bo'lgan geologik-gidravlik sharoitlar bir qator o'ziga xos xususiyatlar bilan tavsiflanadi: yuqori litostatik yuklama, kollektorlarning zichlanishi natijasida

g'ovaklik va o'tkazuvchanlikning pasayishi, qatlam haroratining ortishi, hamda ko'p hollarda anomal (me'yordan chetlashgan) qatlam bosimlarining shakllanishi.

O'zbekiston Respublikasida ushbu muammoning dolzarbligi mamlakatning asosiy neft-gazli hududi - Qashqadaryo viloyati misolida yaqqol namoyon bo'ladi: hozirgi kunda respublikada qazib chiqarilayotgan tabiiy gazning 88 foizi va neftning 92 foizi aynan shu viloyat hissasiga to'g'ri keladi. Viloyat hududidagi Alan gaz koni bunda alohida ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Mazkur maqolaning maqsadi - katta chuqurlikdagi karbonat kollektorlarda anomal qatlam bosimlarining shakllanish qonuniyatlarini, ularning gidravlik-termodinamik tabiatini nazariy jihatdan asoslash va Alan koni misolida amaliy tahlil qilishdan iborat.

Mazkur tadqiqot O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlaridan energetika, resurstejamkorlik texnologiyalari hamda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish sohalariga tegishli bo'lib, mamlakat yoqilg'i-energetika majmuasi barqarorligini ta'minlashning, jumladan mavjud konlarning qoldiq zaxiralarini samarali va xavfsiz o'zlashtirishning ilmiy-amaliy asoslarini rivojlantirishga xizmat qiladi. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining tegishli farmon va qarorlarida mamlakat energetika xavfsizligini ta'minlash, tabiiy gaz va neft qazib olishni barqarorlashtirish, mavjud konlarning qoldiq zaxiralarini oqilona o'zlashtirish hamda ilmiy-texnik salohiyatni oshirish borasidagi vazifalar belgilab berilgan bo'lib, mazkur tadqiqot ushbu vazifalarni bajarishga o'zining munosib hissasini qo'shadi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI

Katta chuqurlikdagi neft-gaz kollektorlarida bosimga bog'liq nolinear filtratsiya va anomal (yuqori yoki past) qatlam bosimi muammosi jahon ilmiy adabiyotida keng yoritilgan. N.F.Kozlov (1998) Prikaspiy neft-gazli provinsiyasining chuqur joylashgan yengil neft uyumlarini ishlash texnologiyasini optimallashtirishga bag'ishlangan doktorlik dissertatsiyasida murakkab tuzilgan va chuqur joylashgan qatlamlarning geologik va termobarik xususiyatlarini, shu jumladan yuqori qatlam bosimi va harorati sharoitida flyuidlarning fazaviy holatini batafsil tahlil qilgan.

A.I. Ponomarev (2000) esa past o'tkazuvchan va qatlamli-noturg'un karbonat kollektorlarda uglevodorod uyumlarini ishlash samaradorligini oshirishga bag'ishlangan tadqiqotida ko'p fazali filtratsiya jarayonlarining o'ziga xos xususiyatlarini (nisbiy fazaviy o'tkazuvchanliklar, filtratsiya-sig'im xossalari bosimga bog'liqligi) ilmiy asoslagan. V.A. Mnatsakanov (2010) chuqur quduqlarni burg'ilashning texnologik muammolariga bag'ishlangan tadqiqotida bosimlar tizimining (geostatik, gidrostatik, qatlam, gidrodinamik) to'liq ilmiy tasnifini taklif

qilgan, bu esa mazkur tadqiqotning nazariy asosini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etdi.

Poristik va darzli-kovak muhitlarda flyuidlar filtratsiyasining klassik nazariyasi (Darsi qonuni va uning umumlashtirilgan ko'rinishlari) gidravlika fanining asosiy yutuqlaridan biri hisoblanadi va K.S. Basniyev, I.A. Charniy, G.I. Barenblatt kabi olimlarning fundamental ishlarida chuqur rivojlantirilgan. Shu bilan birga, O'zbekiston sharoitida, xususan Buxoro-Xiva neft-gazli provinsiyasining Chorjo'y tektonik pog'onasiga tegishli Qashqadaryo viloyati konlari bo'yicha ham muayyan geologik-texnologik tadqiqotlar olib borilgan, biroq bosimga bog'liq nolinear filtratsiya jarayonlarini yagona model doirasida tavsiflashga bag'ishlangan kompleks tadqiqotlar hali yetarli darajada emas.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, mavjud adabiyotlarning aksariyati anomal yuqori qatlam bosimi (AYuQB) muammosiga bag'ishlangan bo'lib, uzoq muddatli ekspluatatsiya natijasida yuzaga keladigan anomal past qatlam bosimi (ANPB) muammosi, xususan uning gidravlik-termodinamik jihatlarini, nisbatan kam o'rganilgan. Bu holat, ayniqsa Alan kabi o'zining ekspluatatsiya tarixi davomida bir bosim rejimidan (me'yoriy gidrostatikka yaqin) ikkinchisiga (ANPB) o'tgan konlar uchun, alohida ilmiy tadqiqotni taqozo etadi, chunki bunday dinamik jarayonni tavsiflash uchun statik (bitta bosim holatiga mo'ljallangan) modellar yetarli emas.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda nazariy tahlil, qiyosiy tahlil va matematik modellashtirish usullaridan foydalanildi. Chuqur quduqda ta'sir etuvchi bosimlar tizimini tasniflash uchun Mnatsakanov (2010) tomonidan taklif etilgan uslubiyot asos qilib olindi va u Alan koni sharoitiga moslashtirildi. Jahon va mahalliy amaliyotdagi chuqur quduqlarning gidrotermodinamik ko'rsatkichlarini taqqoslash uchun qiyosiy-tahliliy usul qo'llanildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Bosimlar tizimining tasnifi

Chuqur quduqni burg'ilash va ishlatish jarayonida "quduq - tog' jinslari massivi" tizimida bir vaqtning o'zida bir-biridan tabiati va kelib chiqishi jihatidan farq qiluvchi bir necha turdagi bosimlar ta'sir ko'rsatadi. Geostatik bosim (P_g) - tog' jinslari massivining o'z og'irligi natijasida yuzaga keladigan bosim bo'lib, quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P_{gst} = \rho \cdot g \cdot H \quad (1)$$

bu yerda: ρ - tog' jinslarining o'rtacha zichligi, kg/m^3 ; g - erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; H - qatlamning joylashish chuqurligi, m. Hidrostatik bosim (P_{gst}) - quduqni to'ldirgan texnologik suyuqlik (burg'ilash eritmasi) ustunining og'irligi natijasida yuzaga keladi:

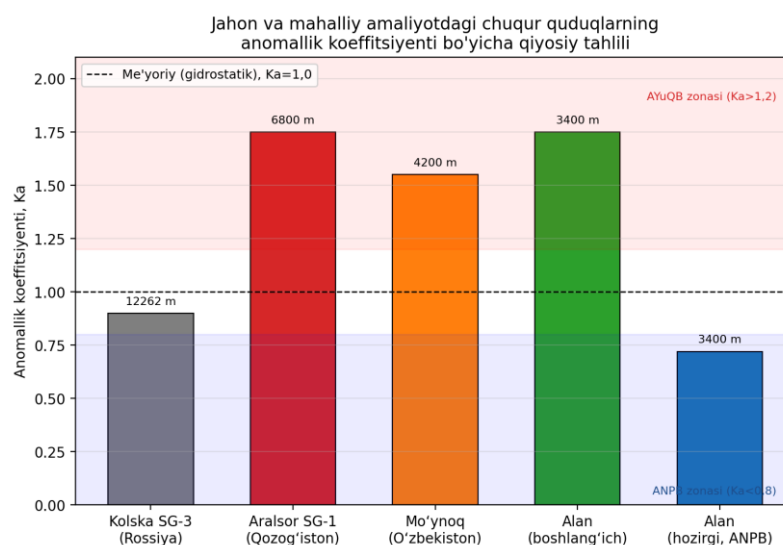
$$P_{gst} = \rho_{be} \cdot g \cdot H \quad (2)$$

bu yerda: ρ_{be} - burg'ilash eritmasining zichligi, kg/m^3 . Qatlam bosimi (P_{qb}) - mahsuldor qatlamdagi flyuidlar tomonidan hosil qilinadigan bosim bo'lib, mazkur tadqiqotning markaziy parametri hisoblanadi. Qatlam bosimining gidrostatik bosimga nisbati anomallik koeffitsiyenti (K_a) deb ataladi:

$$K_a = P_{qb} / P_{gst} = P_{qb} / (\rho_s \cdot g \cdot H) \quad (3)$$

bu yerda: ρ_s - suvning zichligi (odatda $1000\text{--}1100 \text{ kg/m}^3$ deb qabul qilinadi). $K_a=1$ bo'lganda qatlam bosimi me'yoriy (gidrostatik) hisoblanadi; $K_a>1,2$ bo'lganda - anomal yuqori qatlam bosimi (AYuQB); $K_a<0,8$ bo'lganda - anomal past qatlam bosimi (ANPB) haqida gapiriladi. Amaliyotda K_a koeffitsiyenti 0,45 dan 2,10 gacha bo'lgan keng diapazonda o'zgarishi mumkin.

Jahon va mahalliy amaliyotning qiyosiy tahlili



1-rasm. Jahon va mahalliy amaliyotdagi chuqur quduqlarning anomallik koeffitsiyenti bo'yicha qiyosiy tahlili.

Jahon amaliyotidagi eng chuqur ilmiy-tadqiqot va sanoat quduqlarining tahlili anomal bosim hodisasining o'ziga xosligini yaqqol tasdiqlaydi. Xususan, Kolska superchuqur qudug'ida (Rossiya, Kola yarim oroli) 12262 metr chuqurlikda ham qatlam bosimi nisbatan me'yoriy ($K_a \approx 0,9$) bo'lgani holda, ancha kamroq chuqurlikdagi Aralsor SG-1 qudug'ida (Qozog'iston, Prikaspiy botig'i) sezilarli anomal yuqori bosim ($K_a \approx 1,75$) qayd etilgan. Bu holat shuni ko'rsatadiki, AYuQB hodisasi bevosita chuqurlikning o'zi bilan emas, balki konkret cho'kindi havzaning gidrodinamik yopiqqligi (izolyatsiyasi) bilan bog'liq.

O'zbekiston sharoitida bunday hodisaning eng yorqin namunasi 2025-2026 yillarda Qoraqalpog'iston Respublikasi Mo'ynoq tumanida burg'ilangan izlov quduqlarida qayd etilgan bo'lib, respublika amaliyotida ilgari kuzatilmagan darajadagi qatlam bosimi ($K_a > 1,5$) aniqlangan. Qashqadaryo viloyatidagi Alan koni esa, garchi Mo'ynoqqa qaraganda ancha kamroq chuqurlikda (3200-3600 m) joylashgan bo'lsa-da, o'rtacha darajadagi, ammo aniq o'lchangan va ilmiy jihatdan tekshirilgan AYUQB ($K_a = 1,7-1,8$) ko'rsatkichiga ega bo'lgan holda ishga tushirilgan.

Alan koni misolida anomal bosim rejimining evolyutsiyasi

Alan gaz koni Qashqadaryo viloyatida joylashgan bo'lib, Buxoro-Xiva neft-gazli provinsiyasining Chorjo'y tektonik pog'onasiga tegishlidir. Konning mahsuldor qatlamlari yuqori yura davri karbonat (rifogen-shelf) yotqiziqlaridan tashkil topgan bo'lib, ular XV-HP, XV-P va XV-a1 gorizontlarini o'z ichiga oladi. Ushbu gorizontlar 3200-3600 metr chuqurlikda joylashgan bo'lib, ularning ustidan kimmerij-titon davri tuz-angidrit qatlami regional gidrodinamik ekran (qopqoq) vazifasini bajaradi.

Alan konida ushbu izolyatsiya mexanizmi nisbatan zaif namoyon bo'lgani sababli, kon o'zlashtirilishning dastlabki bosqichida qatlam bosimi me'yoriy gidrostatik darajaga yaqin bo'lgan ($K_a = 1,7-1,8$ - dastlabki qiymat sifatida qayd etilgan yuqori chegara); konning 40 yildan ortiq davom etgan ekspluatatsiyasi natijasida esa bosim izchil pasayib, hozirgi kunda anomal past qatlam bosimi (ANPB) sharoitiga o'tgan. Bunga qo'shimcha ravishda, qatlam harorati ham yuqori (115°C) bo'lib, past bosim va yuqori harorat birgalikda flyuidlar filtratsiyasi jarayonini sezilarli darajada murakkablashtiradi.

Konning mahsuldor qatlamlari uchun boshlang'ich g'ovaklik 16,3%, gaz o'tkazuvchanligi esa 85 mD ni tashkil etadi. Uyum maydonining uzunligi 7,3 km, eni 3,7 km, mahsuldor qatlam qalinligi esa o'rtacha 365 m ni tashkil etadi. Konning uzoq muddat ishlatilishi natijasida qatlam va quduq usti bosimining tabiiy pasayishi kuzatilgan bo'lib, bu holat konni yangi loyiha asosida, sun'iy ko'tarish tizimi yordamida ishlatishga o'tishni taqozo etgan.

Alan koniga tutash Zevarda, Ko'kdumaloq va Sho'rtan konlari ham xuddi shunday geologik-tektonik sharoitda, bir xil regional tuz-angidrit qopqog'i ostida joylashgan bo'lib, ular tadqiqot natijalarini kengroq mintaqaviy miqyosda tekshirish va amaliy tavsiyalarni umumlashtirish uchun qo'shimcha tayanch obyektlar sifatida qaraladi. Ushbu konlarning aksariyati o'zlashtirilishning dastlabki bosqichida yuqori AYUQB toifasiga ($K_a = 1,40-1,75$) kiruvchi anomallik koeffitsiyentlariga ega bo'lgan, bu esa Alan koni bilan qiyosiy tahlil o'tkazish imkoniyatini beradi.

Gidrodinamik va differensial bosimlarning ta'siri

Gidrodinamik bosim (P_{gd}) - burg'ilash eritmasi harakatlanayotganda yuzaga keladigan qo'shimcha bosim bo'lib, gidravlik qarshiliklar tufayli hosil bo'ladi:

$$P_{gd} = P_{gst} + \Delta P_d \quad (4)$$

bu yerda: ΔP_d - sirkulyatsiya tizimidagi gidravlik qarshiliklar natijasida yuzaga keladigan bosim o'zgarishi. Differensial bosim (ΔP_{dif}) - quduqdagi bosim bilan qatlam bosimi o'rtasidagi farq bo'lib, quduqning texnologik holatini belgilaydi:

$$\Delta P_{dif} = P_{gst} - P_{qb} \quad (5)$$

bu yerda: P_{gst} - quduqdagi (ustun) bosim. $\Delta P_{dif} > 0$ bo'lganda repressiya rejimi, $\Delta P_{dif} < 0$ bo'lganda esa depressiya rejimi yuzaga keladi. Aynan shu differensial bosimning noto'g'ri boshqarilishi AYuQB sharoitida flyuidlar otilib chiqishi, qatlamlarni yutilishi va boshqa avariyaaviy holatlarning asosiy sababi hisoblanadi. Alan koni kabi ANPB sharoitiga o'tgan konlarda esa, aksincha, depressiya rejimining nazoratsiz oshib ketishi kollektor qismlarining beqarorlanishiga olib kelishi mumkin.

XULOSA

O'tkazilgan tahlil natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, katta chuqurlikdagi neft-gaz kollektorlarida qatlam bosimining anomal shakllanishi to'rtta asosiy mexanizm (kompaksiya, gidrodinamik izolyatsiya, termik kengayish, tektonik siqilish) bilan bog'liq bo'lib, bu mexanizmlarning nisbati konkret geologik sharoitga qarab farqlanadi. Ikkinchidan, Alan koni sharoitida ushbu mexanizmlarning nisbatan zaif kombinatsiyasi kon boshlang'ich bosimining me'yoriy shakllanishiga olib kelgani, uzoq muddatli ekspluatatsiya esa uni anomal past bosim sharoitiga olib kelgani aniqlandi. Uchinchidan, chuqur quduqda ta'sir etuvchi bosimlar tizimining (geostatik, gidrostatik, qatlam, gidrodinamik va differensial) to'liq nazariy tasnifi ishlab chiqildi va Alan koni misolida amaliy tasdiqlandi.

Olingan natijalar katta chuqurlikdagi karbonat kollektorlarda bosimga bog'liq nolinear filtratsiya qonuniyatlarini keyingi bosqichda matematik modellashtirish uchun ishonchli nazariy-metodologik asos yaratadi. Bu esa mazkur tadqiqot doirasida ishlab chiqilishi rejalashtirilgan gidravlik modelning fizik jihatdan asoslanganligini ta'minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Пономарев А.И. Повышение эффективности разработки залежей углеводородов в низкопроницаемых и слоисто-неоднородных коллекторах: дис. ... докт. техн. наук: 05.15.06. - Уфа, 2000. - 457 с.
2. Козлов Н.Ф. Оптимизация технологии разработки глубокозалегающих залежей легких нефтей Прикаспийской нефтегазоносной провинции: дис. ... докт. техн. наук: 05.15.06. - Оренбург, 1998. - 363 с.

3. Мнацаканов В.А. Технологические проблемы строительства глубоких скважин и методы их системного решения: дис. ... докт. техн. наук: 25.00.15. - Москва, 2010. - 195 с.
4. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидравлика: учебник для вузов. - М.: Недра, 1993. - 416 с.
5. Тхостов Б.А. Начальные пластовые давления и геогидродинамические системы. - М.: Недра, 1966. - 267 с.
6. Usmonov K.M. Katta chuqurlikdagi neft va gaz kollektorlari. Xalqaro ilmiy konferensiya materiallari. - Toshkent, 2024.