(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

UO‘K: 622.276

10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.7

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

MURAKKAB QATLAMLARNI BURG‘ILASH JARAYONIDA SALLNIK HOSIL BO‘LISH JARAYONINI TADQIQ ETISH



Haydarov Islom Qosimovich
Texnika fanlari falsafa doktori (PhD), Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: islom.haydarov@list.ru
ORCID ID: 0009-0004-6059-4282
Science ID: FQD-0827-0185



Seropov Og‘abek G‘ayrat o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti magistri, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: Seropov1199@gmail.com
ORCID ID: 0009-0001-0411-4449
Science ID: FQD-0827-0356

Annotatsiya. *Ushbu maqolada murakkab geologik sharoitlarda quduqlarni burg‘ilash jarayonida sallnik hosil bo‘lishining gidrodinamik va mexanik mexanizmlari tadqiq etilgan. Quduq tubini samarali yuvish, burg‘ilash jarayonida hosil bo‘ladigan tog‘ jinsi shlamlarini halqa oralig‘i orqali yer yuzasiga olib chiqish hamda ularning burg‘ilash tizmasi yuzasida to‘planishiga ta’sir etuvchi omillar tahlil qilingan. Burg‘ilash qorishmasining oqim tezligi, bosimi va yo‘nalishi, yuvish kanallarining joylashuvi va geometriyasi, dolota konstruksiyasi, burg‘ilash quvurining aylanishi hamda shlam zarrachalarining nisbiy harakati sallnik hosil bo‘lish jarayonini belgilovchi asosiy omillar sifatida ko‘rib chiqilgan. Nazariy va eksperimental tadqiqotlar asosida shlam zarrachalarining halqa oralig‘idagi spiral trayektoriya bo‘ylab harakati, burg‘ilash quvuri yuzasiga konsentratsiyalanishi va yopishishi uchun qulay sharoitlar aniqlangan. Shuningdek, gidromonitor oqimidan foydalanish, yuvish kanallari va nasadkalarining geometrik parametrlarini maqbullashtirish quduq tubini tozalash samaradorligini oshirishi hamda sallnik hosil bo‘lish xavfini kamaytirishi mumkinligi asoslangan.*

Kalit so‘zlar: *quduq burg‘ilash, murakkab qatlamlar, quduq tubi, gidrodinamika, burg‘ilash qorishmasi, tog‘ jinsi shlami, halqa oralig‘i, sallnik, shlamning ko‘chishi, dolota, yuvish kanallari, gidromonitor oqimi, spiral trayektoriya, nisbiy burchak tezligi, burg‘ilash quvuri.*

Received: 14.09.2026 | Accepted: 04.10.2026 | Issue publication: 10.10.2026

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ САЛЬНИКА ПРИ БУРЕНИИ СЛОЖНЫХ ПЛАСТОВ

Хайдаров Ислам Касимович
Доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент Каршинского государственного технического университета, Карши, Узбекистан

Серопов Огабек Гайрат угли
Магистрант Каршинского государственного технического университета, Карши, Узбекистан

Аннотация. *В статье исследованы гидродинамические и механические механизмы образования сальника при бурении скважин в сложных геологических условиях. Проанализированы процессы эффективной промывки забоя скважины, выноса шлама горных пород через кольцевое пространство на поверхность, а также факторы, влияющие на накопление шламовых частиц на поверхности бурильной колонны. В качестве основных факторов, определяющих образование сальника, рассмотрены скорость, давление и направление потока бурового раствора, располо-*

жение и геометрия промывочных каналов, конструкция долота, вращение бурильной трубы и относительное движение шламовых частиц. На основе теоретических и экспериментальных исследований выявлены условия, способствующие движению шламовых частиц по спиральным траекториям в кольцевом пространстве, их концентрации и налипанию на поверхность бурильной трубы. Обосновано, что применение гидромониторного потока и оптимизация геометрических параметров промывочных каналов и насадок позволяют повысить эффективность очистки забоя и снизить вероятность образования сальника.
Ключевые слова: *бурение скважин, сложные пласты, забой скважины, гидродинамика, буровой раствор, шлам горных пород, кольцевое пространство, сальник, транспортировка шлама, долото, промывочные каналы, гидромониторный поток, спиральная траектория, относительная угловая скорость, бурильная труба.*

INVESTIGATION OF PACK-OFF FORMATION DURING DRILLING OF COMPLEX FORMATIONS

Khaydarov Islom Kasimovich
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor at Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Seropov Ogabek Gayrat ugli
Master's Student at Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *This study investigates the hydrodynamic and mechanical mechanisms of pack-off formation during well drilling in complex geological conditions. The processes of effective bottom-hole cleaning, transportation of rock cuttings through the annular space to the surface, and the factors contributing to the accumulation of cuttings on the drill-string surface are analyzed. The flow velocity, pressure and direction of the drilling fluid, the location and geometry of the flushing channels, bit design, drill-pipe rotation, and the relative motion of cuttings are considered as the principal factors governing pack-off formation. Based on theoretical and experimental investigations, the conditions promoting the movement of cuttings along spiral trajectories within the annular space, their concentration, and adhesion to the drill-pipe surface are identified. The results indicate that the application of high-velocity hydraulic-jet flow and optimization of the geometric parameters of flushing channels and nozzles can improve bottom-hole cleaning efficiency and reduce the risk of pack-off formation. The proposed approach provides a theoretical basis for improving drilling-hydraulic systems and developing technological solutions aimed at preventing cuttings accumulation during drilling of complex formations.*
Keywords: *well drilling, complex formations, well bottom, hydrodynamics, drilling fluid, rock cuttings, annular space, pack-off, cuttings transport, drill bit, flushing channels, hydraulic-jet flow, spiral trajectory, relative angular velocity, drill pipe.*

Kirish. Neft va gaz quduqlarini burg‘ilash jarayonida murakkab gilli hamda tuzli qatlamlarni ochib o‘tishda gilli burg‘ilash qorishmalaridan foydalanish quduq tubi va burg‘ilash tizmasining quyi qismi atrofida sallnik hosil bo‘lishi bilan bog‘liq asoratlarni yuzaga keltirishi mumkin [1]. Mazkur hodisa burg‘ilash jarayonining barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, burg‘ilash tizmasining harakatlanishi va quduq tubini samarali tozalash jarayonlarini qiyinlashtiradi.

O‘zbekiston hududidagi neft va gaz konlarida ekspluatatsion, izlov-qidiruv hamda boshqa turdagi quduqlarni burg‘ilash ishlari ko‘pincha murakkab geologik sharoitlarda amalga oshiriladi. Hududning geologik tuzilishi, tog‘ jinslari qatlamlarining yotish sharoitlari, qatlam bosimlarining o‘zgaruvchanligi hamda ayrim kesimlarda murakkab tarkibli qizil gilli tog‘ jinslarining mavjudligi burg‘ilash jarayonida turli texnologik asoratlarning yuzaga kelishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shunday asoratlar orasida burg‘ilash tizmasi yuzasida gil materialining to‘planishi va uning natijasida sallnik hosil bo‘lishi alohida ahamiyatga ega.

Sallnik hosil bo‘lish jarayoni suv bilan to‘yingan shlam va gil zarrachalarining dolota yoki burg‘ilash tizmasining yuzasiga yopishib, zich qatlam hosil qilishi bilan tavsiflanadi [2]. Ushbu jarayonda gil zarrachalarining fizik-mexanik

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

xususiyatlari, xususan, ularning namlikni yutishi, plastikligi va zarrachalararo bog‘lanish kuchlari muhim rol o‘ynaydi.

Gil materialining qattiq sirtga yopishishi asosan adgeziya va kogeziya kuchlarining o‘zaro nisbatiga bog‘liq. Kogeziya kuchlari materialning o‘z zarrachalari orasidagi bog‘lanishni, adgeziya kuchlari esa materialning boshqa qattiq sirt bilan o‘zaro yopishishini ifodalaydi. Agar gil materialidagi kogeziya kuchlari nisbatan kamayib, adgeziya kuchlari yetarlicha yuqori bo‘lsa, uning dolota yoki burg‘ilash tizmasi yuzasiga yopishish ehtimoli ortadi [3]. Natijada burg‘ilash tizmasi atrofida gil-shlam qatlamining to‘planishi va sallnik shakllanishi uchun qulay sharoit yuzaga keladi.

Adabiyotlar tahlili va tadqiqot metodlari. Adabiyotlar ma’lumotlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, gilli zarrachalarning burg‘ilash qorishmasidan namlikni yutishi ularning fizik-mexanik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Namlikni yutish natijasida gil zarrachalari orasidagi ichki kogeziya kuchlari kamayishi, shu bilan birga materialning plastikligi ortishi mumkin. Gil materialining plastikligi esa uning tarkibidagi suv va gil miqdorining nisbatiga bevosita bog‘liq bo‘lib, mazkur bog‘liqlik 1-rasmda keltirilgan [2, 3].

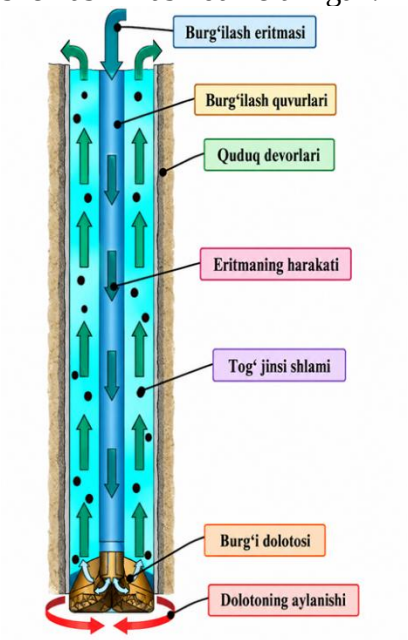
Shu nuqtayi nazardan, sallnik hosil bo‘lish mexanizmini o‘rganishda gilning namlikni yutish xususiyati, plastik holatga o‘tishi, adgeziya va kogeziya kuchlarining nisbati hamda burg‘ilash jarayonidagi gidrodinamik sharoitlarni birgalikda baholash muhim hisoblanadi. Ushbu omillarning o‘zaro ta’siri burg‘ilash tizmasi yuzasida gilli materialning to‘planish intensivligini belgilaydi.



1-rasm. Burg‘ilash tizmasida sallnik hosil bo‘lishi.

Neft va gaz quduqlarini burg‘ilash jarayonida yuzaga keladigan asoratlarni bartaraf etish va ularning oldini olishga qaratilgan tadqiqotlar Qarshi davlat texnika universiteti tadqiqotchilari hamda “Koson neft-gaz qidiruv ekspeditsiyasi” MChJ burg‘ilash tashkiloti mutaxassislari hamkorligida Buxoro-Xiva neftgazli hududidagi Yarmoq maydonining 9-sonli burg‘ilash qudug‘ida olib borildi. Tadqiqotning asosiy yo‘nalishi burg‘ilash jarayonida hosil bo‘ladigan tog‘ jinsi shlamini halqa oralig‘i orqali yer yuzasiga samarali olib chiqish hamda murakkab qatlamlarni burg‘ilash sharoitida sallnik hosil bo‘lish mexanizmini o‘rganishdan iborat bo‘ldi.

Quduq tubini samarali tozalash va sallnik hosil bo‘lishining oldini olishda burg‘ilash qorishmasining gidravlik oqimi muhim ahamiyatga ega. Amaliy burg‘ilash jarayonida burg‘ilash qorishmasi burg‘ilash quvuri orqali bosim ostida haydalib, quvurning ichki kanali bo‘ylab dolotagacha yetkaziladi. Dolotaning markaziy yoki yon yuvish kanallari orqali chiqayotgan oqim quduq tubiga yo‘naltiriladi. Quduq tubiga yetib kelgan burg‘ilash qorishmasi tog‘ jinslarini mexanik parchalash natijasida hosil bo‘lgan shlamni tub zonasidan ajratib, uni halqa oralig‘i bo‘ylab yer yuzasiga olib chiqadi [4]. Ushbu jarayonning prinsipial sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Burg‘ilash qorishmasining dolota orqali quduq tubiga yo‘naltirilishi va shlamning halqa oralig‘i bo‘ylab yer yuzasiga chiqarilishi.

Quduq chuqurligining ortib borishi bilan shlamni quduq tubidan yer yuzasiga chiqarish jarayonining gidravlik sharoitlari murakkablashadi. Quduq tubidagi bosimning ortishi natijasida dolotaning yuvish kanallaridan chiqadigan oqimning zarur tezligini ta'minlash va yetarli gidravlik energiyani hosil qilish uchun qo'shimcha bosim talabi yuzaga keladi. Shu bilan birga, quduq tubida to'plangan shlam zarrachalarini yuqoriga ko'tarish jarayoni burg'ilash qorishmasining gidrostatik bosimi va oqimning gidrodinamik parametrlariga bog'liq holda kechadi [5].

Quduq tubining shlam bilan yetarli darajada tozalanmasligi burg'ilash jarayonining mexanik tezligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shlamning tub zonasida to'planishi dolotaning yangi tog' jinsi bilan o'zaro ta'sirini cheklab, uning burg'ilash samaradorligini pasaytirishi va bir reys davomida burg'ilanadigan intervalning qisqarishiga olib kelishi mumkin [6]. Bundan tashqari, shlam zarrachalarining burg'ilash tizmasi va dolota atrofida to'planishi sallnik hosil bo'lishi uchun qulay sharoit yaratadi.

Shu sababli tadqiqot davomida dolotadagi yuvish kanallarining geometriyasi va diametri, yuvish kanallari chiqish kesimidan quduq tubi yuzasigacha bo'lgan masofa hamda oqimning quduq tubi yuzasiga nisbatan yo'nalish burchagi asosiy tadqiqot parametrlari sifatida ko'rib chiqildi. Mazkur parametrlarni maqbullashtirish orqali quduq tubi yuzasida hosil bo'ladigan oqimning yuvish qobiliyatini oshirish, shlamni samarali ajratib olish va halqa oralig'i orqali uning yer yuzasiga chiqarilishini yaxshilash imkoniyatlari baholandi. Natijada sallnik hosil bo'lish xavfini kamaytirish va burg'ilash jarayonining barqarorligini oshirishga yo'naltirilgan texnologik yechimlarning samaradorligini baholash uchun asos yaratildi.

Nazariy va eksperimental tadqiqotlar. Nazariy tadqiqotlar, asosan, burg'ilash jarayonidagi gidravlik parametrlarni hisoblash va ularni matematik modellashtirishga qaratilgan. Bunday yondashuv gidrodinamik jarayonlarning qonuniyatlarini aniqlash imkonini bersa-da, olingan natijalarni bevosita ishlab chiqarish sharoitlariga tatbiq etish imkoniyatlari ayrim hollarda cheklangan. Eksperimental, ya'ni laboratoriya sharoitida olib boriladigan tadqiqotlarning asosiy maqsadi esa burg'ilash jarayonining amaliy sharoitlari uchun maqbul bo'lgan empirik bog'lanishlarni aniqlashdan iborat.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, quduq tubida kechadigan gidrodinamik jarayonlarni fizik va matematik jihatdan to'liq modellashtirish murakkab masala hisoblanadi. Quduq chuqurligining ortib borishi bilan gidrostatik bosim, oqimning gidravlik qarshiligi va quduq tubidagi oqim sharoitlarining o'zgarishi mazkur jarayonlarni boshqarishni yanada murakkablashtiradi. Shu sababli quduq tubidagi gidrodinamik jarayonlarning qonuniyatlarini chuqur o'rganish va ular asosida ilmiy jihatdan asoslangan texnologik yechimlarni ishlab chiqish zarurati ortadi [7]. Mazkur holat tadqiqotlarni ushbu yo'nalishda yanada chuqurlashtirish uchun asos bo'ldi.

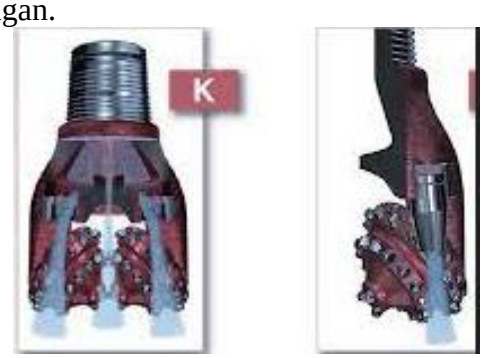
Laboratoriya tajribalari davomida dolotani yuvishning markaziy sxemasidan periferik sxemasiga o'tish tendensiyasi kuzatildi. Ushbu o'zgarish, avvalo, uch sharoshkali dolotalarning burg'ilash amaliyotida keng qo'llanilishi bilan bog'liq. Markaziy yuvish kanalidan chiqayotgan yuqori tezlikdagi oqim dolota sharoshkalarining cho'qqi qismlariga urilganda uning kinetik energiyasining ma'lum qismi yo'qoladi. Natijada oqim energiyasining bir qismi quduq tubi yuzasiga yetib bormaydi va shlamni tub zonasidan samarali ajratib olish imkoniyati kamayadi.

Yuvish kanallarini dolotaning periferik qismida, ya'ni qo'shni sharoshkalar orasidagi bo'shliqlarga joylashtirish orqali yuqori tezlikdagi oqimni bevosita quduq tubi yuzasiga yaqinlashtirish imkoniyati ortadi. Bunda oqimning quduq tubi yuzasiga nisbatan yo'nalish burchagini maqbul qiymatda tanlash muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur konstruktiv yechim oqimning kinetik energiyasidan samaraliroq foydalanish, quduq tubidagi shlamni tezroq ajratish va uni halqa oralig'iga yo'naltirish uchun qulay gidrodinamik sharoit yaratadi.

Shu asosda tadqiqotlarda yuqori bosimli yuvish oqimidan foydalanish va gidromonitor samarasini shakllantirishga alohida e'tibor qaratildi. Gidromonitor samarasi oqimning yuqori tezligi va yo'naltirilgan kinetik energiyasi hisobiga quduq tubi yuzasiga dinamik ta'sirni kuchaytirish, tog' jinsi shlamlarini tub zonasidan samarali ajratish hamda ularning halqa oralig'i bo'ylab yuqoriga ko'tarilishini yaxshilash imkonini beradi. Ushbu

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

yuvish sxemasining prinsipial ko‘rinishi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Dolotaning periferik yuvish sxemasi va yuqori tezlikdagi gidromonitor oqimining quduq tubiga ta’siri.

Ko‘plab eksperimental laboratoriya tajribalari natijasida gidromonitor oqimlaridan foydalanish samaradorligi bo‘yicha muayyan natijalarga erishildi. Tadqiqotlar nafaqat oqim sxemasini tanlash, balki gidromonitor nasadkalarining konstruksiyasi va ularning geometrik parametrlarini takomillashtirishga ham yo‘naltirildi [7]. Nasadkalarni tayyorlashda volfram-kobalt qotishmalari, metallokeramika hamda yuqori yeyilishga chidamli boshqa materiallardan foydalanish ularning ish qobiliyati va xizmat muddatini oshirish imkonini berdi.

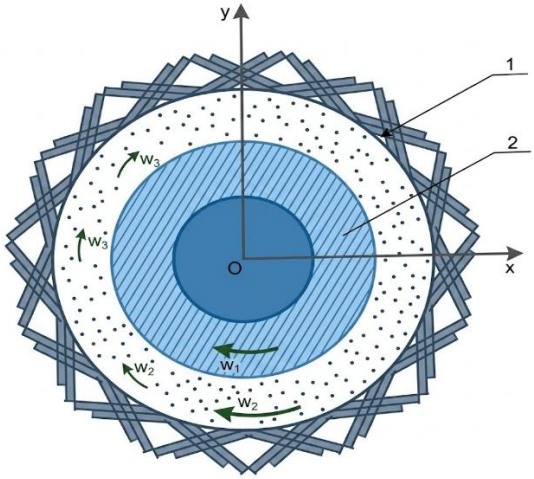
Nazariy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biri gidromonitor nasadkalarining ichki kanal geometriyasini maqbullashtirishdan iborat bo‘ldi. Bunda asosiy maqsad yuqori tezlikka ega, barqaror va yo‘naltirilgan oqimni shakllantirishdan iborat edi. Nasadkaning ichki geometrik tuzilishi oqimning gidravlik qarshiligi, chiqish tezligi, oqimning yaxlitligi hamda quduq tubiga uzatiladigan gidravlik energiyaga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [8].

Laboratoriya tajribalari natijalari nasadkadan chiqayotgan oqimning shakllanishi uning geometrik o‘lchamlari, oqimning yo‘nalishi, nasadka bilan quduq tubi orasidagi masofa va oqimning orientatsiyasi bilan chambarchas bog‘liqligini ko‘rsatdi. Shuningdek, oqimning quduq tubiga yetib borguncha dinamik barqarorligini saqlashi uning shlamni tub zonasidan ajratib olish va halqa oralig‘iga yo‘naltirish samaradorligini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi.

Muhokama. Eksperimental tadqiqotlarning asosiy qismi real burg‘ilash sharoitlariga yaqinlashtirilgan laboratoriya modellarida hamda bevosita Yarmoq-9-sonli burg‘ilash qudug‘ida olib borildi. Tadqiqotlarning samaradorligi, odatda, qo‘yilgan gidravlik va konstruktiv maqbullashtirish vazifalarining ijobiy yoki salbiy natijalari asosida baholandi. Bunday yondashuvning asosiy sababi quduq tubida kechadigan murakkab gidrodinamik jarayonlarni yer ustida barcha tabiiy sharoitlarni to‘liq saqlagan holda fizik jihatdan modellashtirishning nihoyatda murakkabligidir.

Shunga qaramay, quduq tubidagi gidrodinamik jarayonlarni laboratoriya sharoitida modellashtirish imkonini beruvchi maxsus tajriba qurilmalari ishlab chiqilgan. Mazkur qurilmalarda quduq tubiga yaqin zonada harakatlanadigan yuvish suyuqligi oqimlarining tuzilishi va yo‘nalishini vizual kuzatish maqsadida turli rangdagi suyuqlik oqimlaridan foydalanildi. Bunday tajribalar oqimlarning quduq tubi bo‘ylab tarqalishi, ularning o‘zaro ta’siri va tub zonasidagi gidrodinamik strukturaning murakkabligini aniqlash imkonini berdi.

Olingan natijalar sallnik shakllanishi faqatgina shlam miqdorining ortishi bilan emas, balki quduq tubidagi oqimlarning o‘zaro ta’siri, ularning yo‘nalishi, tezligi va shlam zarrachalarining harakatlanish sharoitlari bilan ham bog‘liqligini ko‘rsatadi. Shu sababli sallnik hosil bo‘lish mexanizmini kompleks o‘rganishda oqimning gidrodinamik holati bilan bir qatorda shlam zarrachalarining quduq tubidan ajralishi, ko‘chishi va burg‘ilash tizmasi yuzasida to‘planishi jarayonlarini ham hisobga olish zarur.



4-rasm. Quduqning ko‘ndalang kesimida sallnik hosil bo‘lishining dastlabki dinamik sxemasi.

Mazkur jarayonlarni tavsiflashda dinamik tizimlarda quvvat sarfi qonuniyatidan foydalanish muhim ahamiyatga ega. Ushbu yondashuv oqim energiyasining quduq tubini tozalash, shlam zarrachalarini harakatga keltirish va ularni halqa oralig‘i orqali yuqoriga ko‘chirish jarayonlariga sarflanishini baholash imkonini beradi.

Quduqning ko‘ndalang kesimida sallnik hosil bo‘lish jarayonining dastlabki dinamik sxemasi 4-rasmda keltirilgan.

Quduqning ko‘ndalang kesimidagi dinamik tizimni tahlil qilishda quduq konturi quduq o‘qining markaziga nisbatan qo‘zg‘almas holatda deb qabul qilinadi. Ushbu markazga nisbatan og‘irlashtirilgan burg‘ilash quvuri (OBQ) ω_1 burchak tezlik bilan aylanadi. Halqa oralig‘ini to‘ldiruvchi va tarkibida shlam zarrachalarini saqlovchi yuvish suyuqligi ham shu markaz atrofida aylanish harakatida bo‘lib, uning burchak tezligi ω_2 bilan ifodalanadi. Shlam zarrachalari esa yuvish suyuqligi oqimi ta’sirida majburiy aylanma harakatga keladi va ularning burchak tezligi ω_3 bilan tavsiflanadi [9].

Mazkur dinamik tizimda burchak tezliklari orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$\omega_1>\omega_2>\omega_3 \quad (1)$$

Ushbu nisbat burg‘ilash quvuri, halqa oralig‘idagi yuvish suyuqligi va unda muallaq holda harakatlanayotgan shlam zarrachalari o‘rtasida nisbiy aylanma harakat mavjudligini ko‘rsatadi. Shunga ko‘ra, asosiy nisbiy burchak tezliklar quyidagicha ifodalanadi:

a) burg‘ilash qorishmasining burg‘ilash quvuriga nisbatan nisbiy burchak tezligi: $\omega_{12}=\omega_1-\omega_2$;

b) shlam zarrachalarining burg‘ilash qorishmasi oqimiga nisbatan nisbiy burchak tezligi: $\omega_{23}=\omega_2-\omega_3$;

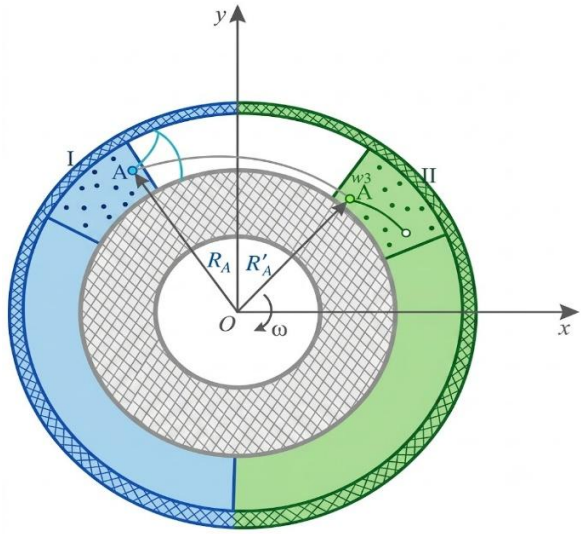
c) shlam zarrachalarining burg‘ilash quvuriga nisbatan nisbiy burchak tezligi: $\omega_{13}=\omega_1-\omega_3$.

Shuni alohida ta’kidlash kerakki, mazkur nisbiy burchak tezliklar dinamik tizimda mavjud bo‘lsa-da, ularni doimiy kattaliklar sifatida qabul qilish mumkin emas. Ularning qiymatlari quduqning geometrik parametrlari, burg‘ilash qorishmasining reologik xossalari, burg‘ilash quvurining aylanish chastotasi, yuvish suyuqligi oqimining tezligi va shlam konsentratsiyasining o‘zgarishiga bog‘liq ravishda vaqt va fazoda o‘zgarib boradi.

Quduqning ko‘ndalang kesimidagi dinamik holatni tahlil qilishda halqa oralig‘idagi oqim tezligining radius bo‘yicha taqsimlanishini alohida parametr sifatida ko‘rib chiqish shart emas. Mazkur tahlilning asosiy e’tibori shlam zarrachalari, yuvish suyuqligi va burg‘ilash quvuri o‘rtasida mavjud bo‘lgan nisbiy harakatlarning o‘zaro ta’siriga qaratiladi.

Aynan shu nisbiy harakatlar halqa oralig‘ida shlam zarrachalarining murakkab trayektoriya bo‘ylab siljishi, ularning quduq devori yoki burg‘ilash quvuri yuzasiga yaqinlashishi va muayyan sharoitlarda to‘planishi uchun zarur dinamik sharoitlarni shakllantiradi. Shu sababli mazkur jarayonni dinamik tizimlarda quvvat sarfi qonuniyati va Mopertyu prinsipi nuqtayi nazaridan tahlil qilish sallnik hosil bo‘lish mexanizmini chuqurroq tushuntirish imkonini beradi.

Mopertyu prinsipi asosida sallnik hosil bo‘lish jarayonini yanada batafsil tahlil qilish uchun keyingi bosqichda shlam zarrachasining halqa oralig‘idagi harakat trayektoriyasi ko‘rib chiqiladi. Bunda zarrachaning aylanma va ilgarilanma harakatlari, yuvish suyuqligi oqimi bilan o‘zaro ta’siri hamda burg‘ilash quvuri yuzasiga nisbatan nisbiy harakati asosiy tahlil obyektlari hisoblanadi.



5-rasm. Shlam zarrachasining halqa oralig‘idagi harakat trayektoriyasi va nisbiy harakat komponentlari.

Faraz qilaylik, halqa oralig‘idagi yuvish suyuqligi burg‘ilash quvurining aylanishi ta’sirida soat strelkasi yo‘nalishida aylanma harakat qilmoqda. Halqa oralig‘ining muayyan sektorida A

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

nuqta tanlanadi. Ushbu nuqta qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasida kuzatilganda, tegishli sektor bilan birgalikda soat strelkasi yo‘nalishida aylanma harakat qiladi.

Agar A nuqtaning burg‘ilash qorishmasiga nisbatan holati o‘zgarmagan, ya’ni nisbiy muvozanat saqlangan deb faraz qilinsa, ma’lum vaqt o‘tgach, u II-sektordagi I-holatga o‘tishi kerak bo‘ladi. Biroq dinamik tizimlarda quvvat sarfi qonuniyati va Mopertyu prinsipi nuqtayi nazaridan zarrachaning O markazdan radial masofasi kamayish tendensiyasiga ega [10]. Natijada A nuqta II-sektordagi 3-holatga o‘tadi va bunda:

$$R < R_A \quad (2)$$

Demak, qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasida A nuqta 1-holatdan 3-holatga soat strelkasi yo‘nalishida aylanib, bir vaqtning o‘zida markazga tomon siljiydi. Natijada uning trayektoriyasi oddiy aylana emas, balki spiralsimon trayektoriya ko‘rinishini oladi.

Harakatlanuvchi koordinatalar sistemasida esa ushbu harakatning aylanish yo‘nalishi qarama-qarshi — soat strelkasiga teskari yo‘nalishda kuzatiladi. Bunday nisbiy harakat burg‘ilash quvuri bilan yuvish suyuqligi o‘rtasidagi aylanish tezliklarining farqi bilan tavsiflanadi.

Shunday qilib, A nuqtaning qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasida spiralga o‘xshash trayektoriya bo‘ylab harakatlanishi dinamik tizimlarda quvvat sarfi qonuniyati va Mopertyu prinsipi bilan izohlanadi. Mazkur kinematik model shlam zarrachalarining halqa oralig‘ida nafaqat aylanma, balki radial yo‘nalishda ham siljishi mumkinligini ko‘rsatadi. Bu holat shlam zarrachalarining burg‘ilash quvurining tashqi yuzasiga tomon konsentratsiyalanishi va keyinchalik sallnik hosil bo‘lish jarayonida ishtirok etishi uchun nazariy asos sifatida qaraladi.

Shlam zarrachasiga ta’sir qiluvchi kuchlar. Shlam zarrachasi spiral trayektoriya bo‘ylab harakatlanib, vaqt o‘tishi bilan burg‘ilash quvurining tashqi yuzasiga yaqinlashadi. Zarrachaning ushbu harakati davomida unga ta’sir qiluvchi kuchlarning yo‘nalishi va o‘zaro nisbati muhim ahamiyat kasb etadi.

Tekislikdagi holat uchun A nuqtaga ta’sir qiluvchi asosiy kuchlardan biri F_1 bo‘lib, u zarrachaning spiral trayektoriya bo‘ylab tezlanishli harakati bilan bog‘liq. F_2 kuchi esa shlam zarrachasining burg‘ilash quvuri tashqi yuzasi bilan o‘zaro mexanik ta’siri natijasida yuzaga keladi.

Ushbu kuchlarning vektor yig‘indisi natijaviy kuchni hosil qiladi:

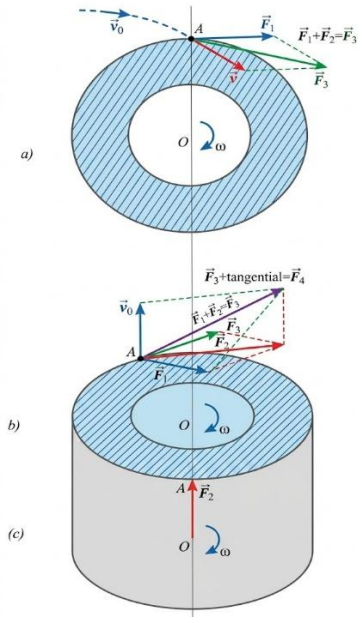
$$\vec{F} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} \quad (3)$$

Natijaviy kuchning yo‘nalishi burg‘ilash quvuri tanasi tomon yo‘nalgan tashkil etuvchiga ega bo‘lishi mumkin. Bunday sharoitda shlam zarrachasining aylanuvchi burg‘ilash quvuri yuzasiga yaqinlashishi va unga bosilishi uchun qulay sharoit yuzaga keladi. Zarrachalarning sirtga bosilishi esa ularning adgeziya xususiyatlari mavjud bo‘lgan taqdirda yopishish ehtimolini oshiradi.

Fazoviy holatda esa A nuqtaga ta’sir qiluvchi kuchlar tizimiga yuvish suyuqligining yuqoriga yo‘nalgan oqimi bilan bog‘liq F_3 kuchi ham qo‘shiladi. Bunday holda zarrachaga ta’sir qiluvchi umumiy kuchlar tizimi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{F} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} \quad (4)$$

Bu yerda F_1 — zarrachaning spiral trayektoriya bo‘ylab harakati bilan bog‘liq kuch, F_2 — zarrachaning burg‘ilash quvuri yuzasi bilan o‘zaro ta’sirini ifodalovchi kuch, F_3 esa — yuvish suyuqligining yuqoriga yo‘nalgan oqimi bilan bog‘liq kuchdir.



6-rasm. Shlam zarrachasining spiral trayektoriya bo‘ylab harakati va unga ta’sir qiluvchi kuchlarning sxematik ko‘rinishi.

Mazkur kuchlarning kattaligi va yo‘nalishlari o‘rtasidagi nisbat shlam zarrachalarining halqa oralig‘idagi yakuniy harakat trayektoriyasini

belgilaydi. Ayniqsa, F_3 kuchining ortishi zarrachani yuqoriga olib chiqishga xizmat qilsa, F_1 va F_2 kuchlarining tegishli tashkil etuvchilari zarrachaning burg‘ilash quvuri yuzasiga yaqinlashishi va unda konsentratsiyalanishiga sharoit yaratishi mumkin.

Shu sababli sallnik hosil bo‘lish jarayonini faqat shlam zarrachalarining quduq tubidan yuqoriga ko‘tarilishi bilan izohlash yetarli emas. Zarrachaning aylanma, radial va vertikal harakatlari hamda unga ta’sir qiluvchi kuchlarning o‘zaro nisbatini birgalikda baholash zarur. Ushbu yondashuv burg‘ilash quvuri yuzasida shlamning to‘planishi va sallnik shakllanishining dinamik mexanizmini yanada to‘liqroq tushuntirish imkonini beradi.

Natijalar. Yuqorida keltirilgan nazariy va eksperimental tahlillar sallnik hosil bo‘lishining fizik mohiyatini tushuntirish hamda uning dinamik mexanizmini aniqlash imkonini berdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, sallnik hosil bo‘lishi tasodifiy hodisa emas, balki muayyan gidrodinamik va mexanik sharoitlarda yuzaga keladigan obyektiv fizik jarayon hisoblanadi.

Halqa oralig‘idagi oqimning tezlik maydoni, burg‘ilash quvurining aylanishi, shlam zarrachalarining nisbiy harakati hamda burg‘ilash qorishmasining reologik xossalari sallnik shakllanishini belgilovchi asosiy omillar sifatida aniqlandi. Shlam zarrachalarining burg‘ilash quvuri yuzasiga konsentratsiyalanishi oddiy mexanik yopishish jarayoni bilan izohlanmaydi. Bunda zarrachalarning egri chiziqli, xususan, spiralsimon trayektoriya bo‘ylab harakati, nisbiy burchak tezliklari va ularga ta’sir qiluvchi kuchlarning fazoviy taqsimoti muhim rol o‘ynaydi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, burg‘ilash qorishmasining yuqoriga ko‘tarilish tezligi yetarli bo‘lmagan sharoitlarda shlam zarrachalarining halqa oralig‘ida ushlanib qolishi va burg‘ilash quvurining tashqi yuzasiga tomon konsentratsiyalanishi uchun qulay gidrodinamik sharoit yuzaga keladi. Bunday sharoitlarning davom etishi natijasida shlamning lokal to‘planishi kuchayib, sallnik hosil bo‘lish ehtimoli ortadi.

Sallnik hosil bo‘lish mexanizmini chuqur o‘rganish burg‘ilash jarayonida mazkur asoratning oldini olishga qaratilgan texnik va texnologik yechimlarni ishlab chiqish uchun muhim ilmiy asos yaratadi. Tadqiqotda dinamik tizimlarda quvvat sarfi qonuniyatidan foydalanish shlam zarrachalarining harakat trayektoriyasi hamda ularning burg‘ilash quvuri yuzasiga yaqinlashish mexanizmini tushuntirishga imkon beruvchi nazariy yondashuv sifatida qaraldi.

Xulosa. Olingan natijalar quduq tubini yuvish tizimlarini loyihalashda faqat burg‘ilash qorishmasining sarfi va oqim tezligini oshirish bilan cheklanib qolmasdan, oqimning fazoviy tuzilishi, uning asimmetriyasi, burg‘ilash quvurining aylanishi va shlam zarrachalarining nisbiy kinematikasini kompleks ravishda hisobga olish zarurligini ko‘rsatdi.

Quduq tubini samarali tozalash va sallnik hosil bo‘lishining oldini olish uchun yuvish kanallarining joylashuvi, nasadka geometriyasi, oqimning chiqish burchagi, gidravlik bosim va burg‘ilash qorishmasi sarfi kabi parametrlarni o‘zaro bog‘liq holda maqbullashtirish zarurligi aniqlandi. Ayniqsa, gidromonitor oqimining quduq tubi yuzasiga yo‘naltirilishi shlamni tub zonasidan ajratish va uning halqa oralig‘i orqali yuqoriga olib chiqilish samaradorligini oshirishning muhim shartlaridan biri sifatida baholandi.

Mazkur yondashuv kelgusida burg‘ilash dolotalarining gidravlik samaradorligini oshirish, quduq tubida shlamning qayta to‘planishini kamaytirish, dolotaning ish unumdorligini oshirish hamda burg‘ilashning mexanik tezligini barqarorlashtirishga qaratilgan yangi konstruktiv va texnologik yechimlarni ishlab chiqish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Рязанов, Я. А. (2005). Энциклопедия по буровым растворам. Летопись.
[2] Булатов, А. И., Проселков, Ю. М., & Шаманов, С. А. (2003). Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учебник для вузов. Недра-Бизнесцентр.
[3] Басарыгин, Ю. М., Булатов, А. И., & Проселков, Ю. М. (2000). Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин. Недра-Бизнесцентр.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

[4] Негматов, Ж. Н., Негматова, К. С., Эгамбердиев, Б. Ш., & Рахимов, Х. Ю. (2017). Актуальность и востребованность технологического решения по предупреждению сужения ствола и обвала стенок скважин в глинистых отложениях в процессе бурения нефтегазовых скважин. Композиционные материалы, (2), 76–77.
[5] Аксенова, Н. А., Бахарев, М. С., Гаврилов, Е. И., Грачев, С. И., & Зозуля, Г. П. (2006). Справочник бурового мастера (Т. 1). Инфра-Инженерия.
[6] Ҳайдаров, И. Қ., & Самадов, Ш. Ш. (2019). Аварии при бурении нефтьяных и газовых скважин виды аварий, их причины и меры предупреждения. В Инновацион иқтисодиётдга ўтиш шароитида уй хўжаликларида тадбиркорлик фаолигини оширишнинг иқтисодий ва молявий механизмини такомиллаштириш: Республика амалий анжумани материаллари.
[7] Rahimov, A. A., Murtozayev, A. M., & Haydarov, I. Q. (2022). Бурение наклонно-направленных и горизонтальных скважин. Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти.
[8] Калинин, А. Г., Власюк, В. И., Ошкордин, О. В., & Скрябин, Р. М. (2004). Технология бурения разведочных скважин (с. 146–170).
[9] Калинин, А. Г., Ганджумян, Р. А., & Мессер, А. Г. (2005). Справочник инженера-технолога по бурению глубоких скважин (с. 314–377). Недра-Бизнесцентр.
[10] Умедов, Ш. Х. (2010). Разработка составов промывочных жидкостей для бурения скважин на сильноминерализованной пластовой воде [Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук]. Ташкент.

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Haydarov, I. Q., & Seropov, O. G. (2026). Murakkab qatlamlarni burg‘ilash jarayonida sallnik hosil bo‘lish jarayonini tadqiq etish. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(3-1). https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.7