ISNN 3030-3907

2026/2
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/2 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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

YUQORI PARAFINLI NEFTLARNING REOLOGIK XOSSALARINI ENERGIYA SAMARADORLIGI MEZONLARI ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH

Usmanov Irzabek Azat Uli
Buxoro davlat texnika universiteti, tayanch doktarant
Fozilov Sadriddin Fayzullaevich
Buxoro davlat texnika universiteti, t.f.d., professor,
Sapashov Ikramjan Yaumitbayevich
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti, t.f.f.d., (PhD), dotsent
Tirkeshov Umit Maqsetbay uli
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti 2 –kurs talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada yuqori parafinli neftlarning reologik xossalarini energiya samaradorligi mezonlari asosida optimallashtirish masalasi o‘rganildi. Yuqori qovushqoqlik transport jarayonida energiya sarfining ortishi bilan dolzarblik asoslandi. Reologik ko‘rsatkichlar darajali qonun modeli asosida aniqlanib, termik ta’sir, suyultirish va depressor prisadkalar qo‘llash usullari solishtirildi. Pareto chegarasi asosida energiya-reologik muvozanat baholandi. Natijalar depressor prisadkalar eng maqbul texnologik variant ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: yuqori parafinli neft, reologik xossalar, shartli qovushqoqlik, energiya samaradorligi, depressor prisadkalar, darajali qonun modeli, Pareto chegarasi, optimallashtirish.

Аннотация. В статье исследована оптимизация реологических свойств высокопарафиновых нефтей на основе критериев энергоэффективности. Актуальность работы обусловлена ростом энергозатрат при транспортировке нефти с высокой вязкостью. Реологические параметры определены с использованием степенной модели течения; проведено сравнение термического воздействия, разбавления и применения депрессорных присадок. На основе метода Парето выполнена многокритериальная оценка энергетико-реологического баланса. Установлено, что депрессорные присадки являются наиболее эффективным технологическим решением.

Ключевые слова: высокопарафиновая нефть, реологические свойства, условная вязкость, энергоэффективность, депрессорные присадки, степенная модель, граница Парето, оптимизация.

Abstract: This paper investigates the optimization of rheological properties of high-paraffin crude oils based on energy efficiency criteria. The relevance of the study is associated with increased energy consumption during the transportation of highly viscous crude oil. Rheological parameters were determined using the power-law model, and thermal treatment, dilution, and depressant additives were

ISSN 3030-3907

comparatively analyzed. Multi-criteria evaluation based on the Pareto frontier was applied to assess the energy-rheological balance. The results demonstrate that depressant additives provide the most effective technological solution.

Keywords: high-paraffin crude oil, rheological properties, conditional viscosity, energy efficiency, depressant additives, power-law model, Pareto frontier, optimization.

KIRISH

Xom neft murakkab ko‘p komponentli uglevodorod tizimi bo‘lib, uning fizik-kimyoviy va reologik xossalari tarkibiy fraksiyalar nisbati, molekulyar massasi va geologik kelib chiqish sharoitlariga bog‘liq ravishda sezilarli darajada farqlanadi [1–2]. Neft tarkibida to‘yingan uglevodorodlar, aromatik birikmalar, smolalar va asfaltenlar mavjud bo‘lib, ayniqsa uzun zanjirli (C_{20+}) to‘yingan uglevodorodlar yuqori parafin fraksiyasini tashkil etadi [3–4]. Ushbu komponentlar past harorat sharoitida kristallanishga moyil bo‘lib, oqim tizimlarida qattiq faza hosil qiladi va neftning reologik xossalarini keskin o‘zgartiradi.

Zamonaviy neft sanoatida yengil neft zaxiralarining kamayishi og‘ir va yuqori parafinli neftlarni qazib olish hamda qayta ishlashga bo‘lgan ehtiyojni kuchaytirmoqda. Biroq yuqori qovushqoqlik ishlab chiqarish samaradorligini pasaytiradi, quvur tizimlarida bosim yo‘qotishlarini oshiradi va energiya sarfini ko‘paytiradi [5–6]. Uglevodorod oqimini barqaror ta’minlash tushunchasi rezervuardan yakuniy saqlash nuqtasigacha uglevodorod oqimini uzluksiz va iqtisodiy samarali yetkazib berishni anglatadi [7]. Ushbu jarayonga parafin cho‘kishi, asfalten agregatsiyasi va gidrat hosil bo‘lishi kabi murakkab hodisalar kiradi [8].

Parafin kristallanishi muammosini kamaytirish maqsadida turli texnologik yondashuvlar ishlab chiqilgan. Ular shartli ravishda termik, mexanik, fizik va kimyoviy usullarga bo‘linadi [9-10]. Termik usullar parafin kristallarini eritish orqali yuqori samaradorlikka erishilsa, mexanik usullarda hosil bo‘lgan qatlamni bartaraf etishga qaratilgan bo‘lib, fizik usullarda kristallanish jarayonini tashqi maydonlar yordamida boshqarishga qaratilgan, biroq ularning sanoat sharoitidagi uzoq muddatli samaradorligi to‘liq aniqlanmagan [11].

Kimyoviy usullar, ayniqsa depressor prisadkalar qo‘llash, parafin kristallanish jarayonini molekulyar darajada modifikatsiya qilish imkonini beradi [12]. Depressor prisadkalar parafin kristallarining o‘sish mexanizmini o‘zgartirib, ularning yirik agregatlar hosil qilishini cheklaydi. Natijada kristallar mayda dispers holatda qoladi va tizimning umumiy qovushqoqligi pasayadi. Polimer asosli depressor prisadkalar (EVA, polimetakrilatlar, malein angidrid sopolimerlari)

ISSN 3030-3907

parafin kristallanish mexanizmini samarali modifikatsiya qilishi ko‘plab tadqiqotlarda qayd etilgan [13-14].

Shunga qaramay, mavjud tadqiqotlarning aksariyati parafin cho‘kishini kamaytirish yoki qotish haroratini pasayishi bilan cheklanadi. Qovushqoqlik kamayishi energiya sarfiga qanday ta’sir qilishi, texnologik variantlar orasida energiya–reologik muvozanat qanday aniqlanishi masalalari yetarli darajada kompleks tahlil qilinmagan. Amaliyotda ayrim usullar yuqori reologik samaradorlik ko‘rsatsa-da, katta energiya sarfi talab qiladi; boshqalari esa o‘rtacha reologik natija bilan nisbatan past energiya talabi bilan tavsiflanadi.

Shu sababli mazkur tadqiqotning maqsadi yuqori parafinli neftlarning reologik xossalarini energiya samaradorligi mezonlari asosida kompleks baholash hamda texnologik variantlarni ko‘p mezonli optimallashtirish orqali eng maqbul yechimni aniqlashdan iborat.

Tadqiqot ob’ekti sifatida yuqori parafin miqdoriga ega xom neft namunasi tanlandi. Namuna laboratoriya sharoitida fizik-kimyoviy va reologik ko‘rsatkichlari bo‘yicha kompleks tahlil qilindi. Neft namunasining asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-Jadval

Parafinli neft namunasining asosiy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Qiymat
Zichlik (20°C), kg/m³	892
Parafin miqdori, %	18
Boshlang‘ich qovushqoqlik (20°C), mPa·s	15200

Yuqori parafin miqdori va yuqori boshlang‘ich qovushqoqlik namunani energiya–reologik tahlil uchun mos ob’ekt sifatida tanlash imkonini berdi.

Reologik xossalar rotatsion viskozimetr yordamida 20-60 °C harorat oralig‘ida aniqlanib, har bir harorat nuqtasida siljish tezligi bosqichma-bosqich o‘zgartirildi. Harorat ±0,5 °C aniqlikda nazorat qilindi.

Oqim xatti-harakati darajali qonun modeli asosida:

$$\tau = K\gamma^n$$

Nyuton bo‘lmagan suyuqliklarda ya’ni parafinli neftda qovushqoqlik doimiy emas. U siljish tezligiga bog‘liq.

Bunda shartli qovushqoqlik:

$$\mu_{app} = \frac{\tau}{\gamma}$$

Harorat pasayishi bilan K ning ortishi va nnn ning kamayishi tizimning strukturaviy mustahkamligi ortishini ifodalaydi.

ISSN 3030-3907

Yuqori parafinli neftning reologik xossalariga turli texnologik omillarning ta’sirini baholash maqsadida uch turdagi yondashuv qo‘llanildi: termik ta’sir, suyultirish (dilutsiya) va depressor prisadkalar qo‘llash. Har bir usul bir xil boshlang‘ich parametrlar asosida alohida o‘rganildi.

Termik usulda namuna 20 °C dan 60 °C gacha bosqichma-bosqich isitildi va har bir haroratda 15 daqiqa barqarorlashuvdan so‘ng o‘lchovlar amalga oshirildi.

Suyultirish usulida past qovushqoqlikli fraksiya 5–10 % massaviy ulushda qo‘shildi va aralashtirish 600 ayl/min tezlikda 20 daqiqa davomida olib borildi.

Depressor prisadkalar 0,05-0,1 % massaviy ulushda qo‘llanilib, aralashtirishdan so‘ng namuna 30 daqiqa termostatda ushlab turildi. Ushbu qo‘shimchalar parafin kristallanish mexanizmini modifikatsiya qilib, kristall agregatsiyasini cheklaydi.

Har bir tajriba kamida uch marta takrorlanib, o‘rtacha qiymatlar qabul qilindi.

Energiya samaradorligini baholash uchun qovushqoqlik o‘zgarishiga mos ravishda nisbiy energiya indeksi hisoblandi:

$$E_{ind} = \frac{\mu_i}{\mu_0}$$

Yuqori parafinli neft namunasining reologik xossalari 20-60 °C harorat oralig‘ida o‘rganildi. Eksperimental natijalar harorat oshishi bilan apparat (ko‘rinma) qovushqoqlik sezilarli darajada kamayishini ko‘rsatdi. 20 °C da qovushqoqlik 15200 mPa·s ni tashkil etgan bo‘lsa, 60 °C da ushbu qiymat 2500 mPa·s gacha pasaydi. Bu parafin kristallanishining haroratga yuqori darajada sezgir ekanligini tasdiqlaydi.

Turli texnologik yondashuvlar qo‘llanganda qovushqoqlik kamayish dinamikasi bir-biridan farq qildi. Olingan qiymatlar 2-jadvalda keltirilgan.

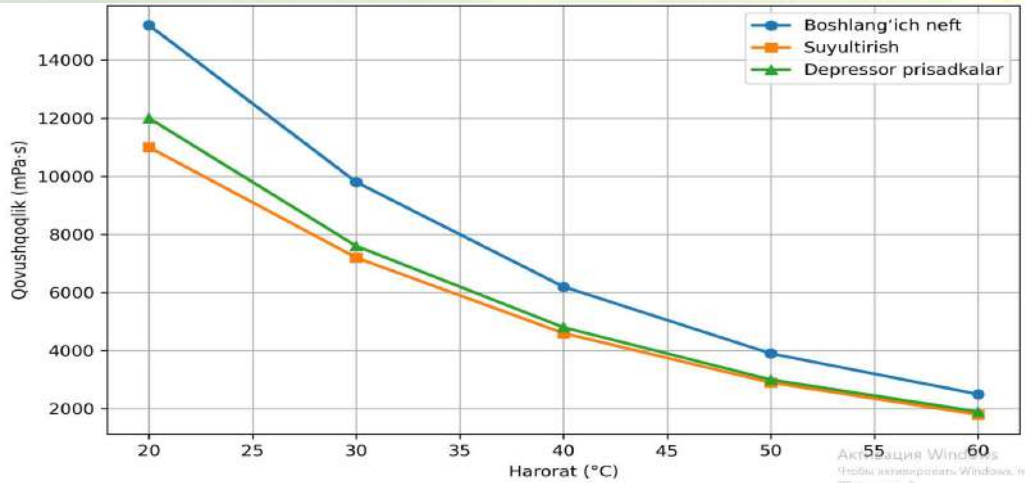
2-Jadval

Harorat va texnologik usullar ta’sirida qovushqoqlik qiymatlari (mPa·s)

Harorat (°C)	Boshlang‘ich neft	Suyultirish	Depressor prisadkalar
20	15200	11000	12000
30	9800	7200	7600
40	6200	4600	4800
50	3900	2900	3000
60	2500	1800	1900

Olingan natijalar asosida termik ishlov berish ta’sirda qovushqoqlik eng keskin kamayadi, suyultirish usuli o‘rtacha darajadagi kamayishni ta’minlaydi, depressor prisadkalar qo‘llanganda qovushqoqlik barqaror va sezilarli darajada pasayadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Harorat va texnologik usullar ta'sirida qovushqoqlik o'zgarishi

1-rasm tahliliga ko'ra, harorat oshishi barcha variantlarda qovushqoqlikni kamaytiradi, biroq depressor prisadkalar qo'llanganda qovushqoqlik kamayishi nisbatan past energiya talabi bilan kuzatiladi.

Qovushqoqlik kamayishi asosida nisbiy energiya indeksi hisoblandi. Texnologik variantlarning energiya-reologik ko'rsatkichlari 3-jadvalda keltirilgan.

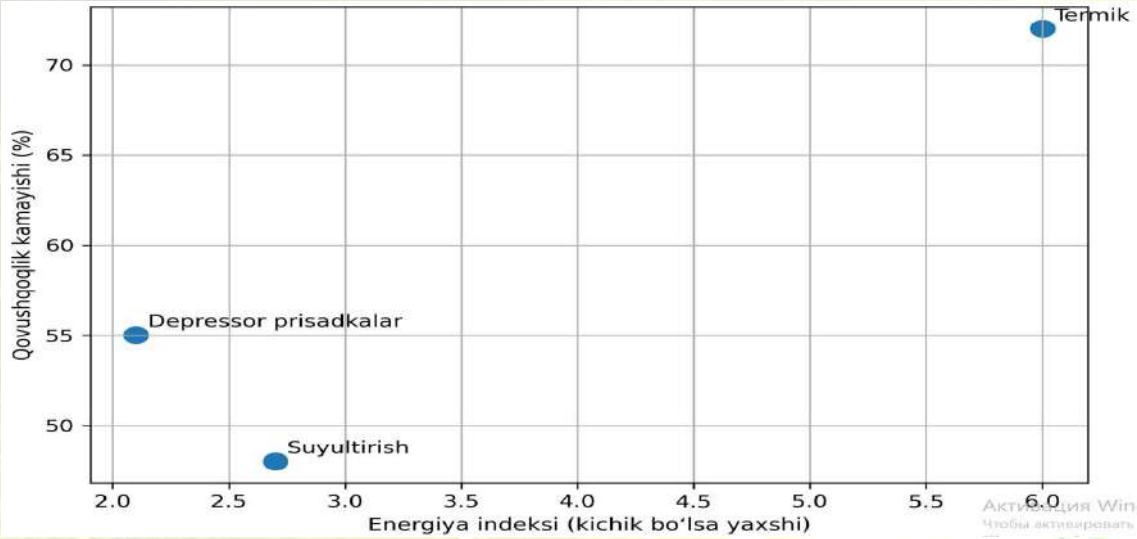
3-Jadval

Texnologik variantlarning energiya–reologik ko'rsatkichlari

Usul	Qovushqoqlik kamayishi (%)	Energiya indeksi	Kompleks indeks η_{opt}
Termik	72	6,0	12
Suyultirish	48	2,7	18
Depressor prisadkalar	55	2,1	26

Natijalar shuni ko'rsatadiki, termik usul maksimal qovushqoqlik kamayishini ta'minlaydi, biroq energiya indeksi yuqori bo'lib qoladi. Depressor prisadkalar esa nisbatan yuqori qovushqoqlik kamayishi bilan minimal energiya indeksini ko'rsatdi. Kompleks samaradorlik indeksi bo'yicha depressor prisadkalar eng yuqori natijaga ega bo'ldi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Energiya-reologik ko‘rsatkichlar bo‘yicha Pareto tahlil

Energiya indeksi va qovushqoqlik kamayishi mezonlari asosida Pareto chegarasi aniqlanib, optimal texnologik variant belgilandi.

Bundan ko‘rinadiki, termik usul yuqori qovushqoqlik kamayishiga ega bo‘lsa-da, energiya talabi yuqori bo‘lgani sababli optimal variant sifatida baholanmaydi. Suyultirish o‘rtacha natija ko‘rsatadi. Depressor prisadkalar Pareto chegarasida joylashgan bo‘lib, energiya–reologik muvozanat nuqtai nazaridan eng maqbul variant hisoblanadi.

Eksperimental ma’lumotlar shuni ko‘rsatdiki, yuqori parafinli neftlarning reologik xossalari harorat va qo‘llanilayotgan texnologik usulga bevosita bog‘liq. Qovushqoqlikni maksimal kamaytirish har doim energiya samaradorligi yuqori degani emas. Ko‘p mezonli tahlil asosida depressor prisadkalar energiya–reologik muvozanatni ta’minlovchi optimal texnologik yechim sifatida aniqlandi.

Olingan natijalar yuqori parafinli neftlarning reologik xossalari harorat va qo‘llanilgan texnologik usulga sezilarli darajada bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Harorat oshishi bilan qovushqoqlikning keskin kamayishi parafin kristallarining erishi va strukturaviy tarmoqning parchalanishi bilan izohlanadi. Bu holat adabiyotlarda keltirilgan parafin kristallanish mexanizmi haqidagi ma’lumotlar bilan mos keladi [9]. Past haroratda uzun zanjirli uglevodorodlar kristall panjara hosil qilib, uch o‘lchamli strukturaviy to‘r shakllantiradi, bu esa tizimning Nyuton bo‘lmagan xatti-harakatini kuchaytiradi.

Termik usul maksimal qovushqoqlik kamayishini ta’minladi. Biroq energiya indeksi yuqori bo‘lib qolishi ushbu usulning sanoat sharoitida iqtisodiy samaradorligini cheklaydi. Demak, reologik samaradorlik yuqori bo‘lsa ham, energiya talabi ortishi umumiy tizim samaradorligini pasaytirishi mumkin.

Suyultirish usuli qovushqoqlikni kamaytirish orqali gidravlik qarshilikni pasaytiradi. Biroq qo‘shimcha fraksiya kiritilishi xom neft tarkibini o‘zgartiradi va

ISSN 3030-3907

qayta ishlash jarayoniga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli ushbu usul texnik jihatdan sodda bo‘lsa-da, har doim optimal iqtisodiy variant bo‘la olmaydi.

Depressor prisadkalar qo‘llanganda esa qovushqoqlik sezilarli darajada kamaygan holda energiya indeksi minimal qiymatni ko‘rsatdi. Bu natija parafin kristallanish jarayonining molekulyar darajada modifikatsiya qilinishi bilan bog‘liq. Polimer asosli qo‘shimchalar kristall o‘sish mexanizmini o‘zgartirib, yirik agregatlar hosil bo‘lishini cheklaydi. Natijada kristallar mayda dispers holatda saqlanadi va strukturaviy to‘r shakllanmaydi. Bu esa oqim qarshiligini kamaytiradi va energiya sarfini pasaytiradi.

Ko‘p mezonli tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, maksimal qovushqoqlik kamayishi har doim optimal yechim emas. Pareto chegarasi asosida olib borilgan optimallashtirish energiya-reologik muvozanatni aniqlash imkonini berdi. Termik usul qovushqoqlikni eng ko‘p kamaytirgan bo‘lsa-da, energiya talabi yuqori bo‘lgani sababli optimal variant sifatida baholanmadi. Depressor prisadkalar esa qovushqoqlikni yetarli darajada kamaytirgan holda energiya sarfini minimal darajada ushlab turdi va Pareto chegarasida joylashgan optimal variant sifatida ajralib chiqdi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, yuqori parafinli neftlar uchun texnologik qaror qabul qilishda faqat reologik parametrlar emas, balki energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari ham birgalikda baholanishi zarur. Ushbu yondashuv ishlab chiqarish va transport tizimlarida ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotda yuqori parafinli neftlarning reologik xossalari turli texnologik yondashuvlar - termik ta’sir, suyultirish va depressor prisadkalar qo‘llash - asosida o‘rganildi hamda energiya samaradorligi mezonlari bilan integratsiyalashgan holda baholandi.

Tadqiqot natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi:

Harorat oshishi parafin kristallanish jarayonini susaytirib, qovushqoqlikning sezilarli darajada kamayishiga olib keladi. Biroq termik usul yuqori energiya sarfi bilan tavsiflanadi.

Suyultirish usuli qovushqoqlikni o‘rtacha darajada kamaytiradi, ammo neft tarkibini o‘zgartirishi va qo‘shimcha logistika xarajatlarini keltirib chiqarishi mumkin.

Depressor prisadkalar parafin kristallanish mexanizmini molekulyar darajada modifikatsiya qilish orqali kristall agregatsiyasini cheklaydi va qovushqoqlikni barqaror kamaytiradi.

ISSN 3030-3907

Ko‘p mezonli optimallashtirishning Pareto chegarasi asosida olib borilgan tahlil depressor prisadkalar energiya–reologik muvozanat nuqtai nazaridan optimal texnologik variant ekanligini ko‘rsatdi.

Shunday qilib, yuqori parafinli neftlarni tashish va qayta ishlash jarayonlarida texnologik qaror qabul qilishda faqat qovushqoqlik kamayishi emas, balki energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari ham kompleks baholanishi zarur. Integratsiyalashgan energiya-reologik yondashuv ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va transport tizimlarining barqaror ishlashini ta’minlash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. 5th ed. CRC Press, 2014.
2. Pedersen K.S., Ronningsen H.P. Influence of wax inhibitors on wax appearance temperature and pour point. Energy & Fuels. 2000;14(1):43–51.
3. Ronningsen H.P. Correlation for predicting viscosity of Waxy crude oils. Energy & Fuels. 1992;6(5): 538–543.
4. Hasan A.R., Kabir C.S. Fluid Flow and Heat Transfer in Wellbores. SPE Textbook Series, 2002.
5. Brill J.P., Mukherjee H. Multiphase Flow in Wells. SPE Monograph, 1999.
6. Hammami A., Ratulowski J. Precipitation and deposition of asphaltenes in production systems. SPE Production & Facilities. 2000;15(3): 177–182.
7. Singh P., Venkatesan R., Fogler H.S., Nagarajan N. Formation and aging of incipient wax-oil gels. AIChE Journal. 2000;46(5):1059–1074.
8. Prasad, A., Kulkarni, K., Kulkarni, A., Chaudhari, P., & Bandpatte, S. (2019). Pour point depressant of crude oil. *International Journal of Chemical Engineering Research*, 11, 81–90.
9. Anisuzzaman, S., Abang, S., Bono, A., Krishnaiah, D., Karali, R., & Safuan, M. (2017). Wax inhibitor based on ethylene vinyl acetate with methyl methacrylate and diethanolamine for crude oil pipeline. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 206(1), 012074. IOP Publishing.
10. Khidr, T., & El-Sheshtawy, H. (2019). Effect of polymethacrylate and biosurfactant mixture as pour point depressants for waxy crude oil. *Petroleum & Coal*, 61(3).
11. Gupta, A., & Sircar, A. (2016). Introduction to pigging & a case study on pigging of an onshore crude oil trunkline. *Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, 5(2), 18–25.
12. Betiha, M., Mahmoud, T., & Al-Sabagh, A. (2020). Effects of 4-vinyl benzyl trioctylphosphonium-bentonite containing poly (octadecylacrylate-co-1-

ISSN 3030-3907

vinyldodecanoate) pour point depressants on the cold flow characteristics of waxy crude oil. *Fuel*, 282, 118817.

13. Kazantsev, O. A., Arifullin, I. R., Moikin, A. A., Orekhov, D. V., & Simagin, A. S. (2021). Dependence of efficiency of polyalkyl acrylate-based pour point depressants on the composition of crude oil. *Egyptian Journal of Petroleum*, 30(3), 21–26.

14. Ragunathan, T., Zaqwan, J., Wood, C. D., & Husin, H. (2021). The rheological behaviour of crude oil in the presence of palm oil additives. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(6), 2833–2843.

ISSN 3030-3907