

Yüksəkparafinli neftin fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin tədqiqi

H.R. Qurbanov, P.F. Əhmədov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

e-mail: ebikib@mail.ru

Açar sözlər: yüksəkparafinli neft, dinamik və kinematik özlülük, səthi gərilmə, sıxlıq, kompozisiya.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-3-26-30

Исследование физико-химических и реологических свойств высокопарафинистой нефти

Г.Р. Гурбанов, П.Ф. Ахмадов
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: высокопарафинистая нефть, динамическая и кинематическая вязкость, поверхностное натяжение, плотность, состав.

В лабораторных условиях изучалась температурная зависимость физико-химических и биологических свойств образцов высокопарафинистой нефти. Эксперименты проводились на образцах масла без реагентов и с добавкой 800 г/т композиции, приготовленной в соотношении Дифрон-4201 + Дифрон-3705 = 1:1. В образцах без добавления реагента при повышении температуры до 50К наблюдались уменьшение плотности на 3,8 %, коэффициента поверхностного натяжения на 16 %, коэффициента кинематической и динамической вязкости до 88 % и увеличение коэффициента теплового расширения на 50,11 %. Было отмечено, что в образцах, входящих в состав, коэффициент поверхностного натяжения, кинематическая и динамическая вязкости резко снизились во всех температурных областях по сравнению с реагентными образцами, плотность практически не изменилась, а коэффициент теплового расширения объема незначительно отличался во всех температурных областях.

Study of physical-chemical and rheological properties of high-paraffin oil

G.R. Gurbanov, P.F. Ahmadov
Azerbaijan State University of Oil and Industry

Keywords: high-paraffin oil, dynamic and kinematic viscosity, surface tension, density, composition.

The temperature dependence of physical-chemical and biological properties of high-paraffin oil was studied in laboratory conditions. The experiments were carried out on the oil samples without agents and with addition of 800 g/t composition developed at the ratio of Difron-4201 + Difron-3705 = 1:1. The increase in the density for 3.8 %, in the ratio of surface tension for 16 %, in the ratio of kinematic and dynamic viscosity up to 88 %, as well as in the ratio of the thermal expansion for 50.11 % was observed in the samples without agents in the temperature rise to 50K. In the samples included in the composition, the surface tension, kinematic and dynamic viscosity sharply decreased in all temperature fields compared to the samples without agents, the density practically did not change, and the ratio of thermal expansion volume slightly differed in all temperature fields.

Azərbaycan neft istehsal etməkə yanaşı, həm də inkişaf etmiş boru kəməri sistemində malik olan bir ölkədir. Kaşif edilmiş və istismar olunan yataqlardan çıxarılan neft fiziki-kimyəvi göstəricilərinə görə çox müxtəlifdir.

Hazırda ölkəmizdə və xaricdə hasil edilən neft tərkibli xammalın ümumi həcmində parafin karbohidrogenləri (PK) və qatran-asfaltən komponentlərinin (QAK) yüksək miqdarı ilə xarakterizə olunan problemi neft sistemlərinin payı artır. Belə neftlər yüksək donma temperaturuna, spesifik fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrə malik olan qeyri-Nyuton mayelərə aiddir. Belə mühtilərin boru kəmərləri ilə nəql edilməsi yüksək donma temperaturu və özlülük anomaliyasına görə çətindir. Parafinli və yüksəkparafinli neftlərin çıxarılması və nəql edilməsi zamanı neft-mədən avadanlıqlarının daxili səthində asfalt-qatran-parafin (AQP) birləşmələrinin çökməsi baş verir ki, bu da neft kəmərlərinin en kəşik sahəsinin azalmasına, bəzi hallarda isə nəqlin tam dayanmasına və nəticədə quyuların məhsuldarlığının azalmasına gətirib çıxarıb [1–3].

Neftçixarma və neft emalında əsas məqsəd enerji itkisini azaldan və karbohidrogen xammalın əlavə itkilərinin qarşısını alan texnologiyə proseslərin inkişaf etdirilməsidir. Bu problemlərin həllində anormal fiziki-kimyəvi xassələrə malik olan yüksəkparafinli və yüksək donma temperaturuna malik anormal neftlərin fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin yaxşılaşdırılmasının elmi əsaslarının öyrənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bütün bunlar neftin boru kəməri ilə nəqlinin iqtisadi cəhətdən səmərəli olmasına, onun elmi və texnoloji cəhətdən səmərəli üsulla boru kəmərləri ilə nəqlinə şərait yaradır.

İlk növbədə, kontinental şelf və daimi donma rayonları ilə xarakterizə olunan mürtəkəb iqlim

və geotexniki şəraitlərdə hasil edilən və ötürülən, gec donan neftlərin nəqlində mühüm məsələ onları əhatə edən mühtilə temperaturunun neftlərin donma temperaturundan aşağı olduğu dövrdə boru kəmərləri sistemlərinin etibarlı və effektiv istismarının təmin edilməsi hesab olunur.

Gec donan neftlərin nəql edilməsi üsulları içərisində onların əvvəlcədən qızdırılması ilə ötürülməsi üsulu daha geniş yayılmışdır [4–7].

Lakin 1960-cı illərin sonlarında gec donan neftlərin ötürülməsi zamanı depressor aşqarlarından istifadə olunmağa başlanmışdır ki, bunlar da donma temperaturundan aşağı temperaturda neftlərin axıcılığını yaxşılaşdırır, boruların və digər avadanlıqların daxili səthində AQP çökmələrinin əmələ gəlməsini azaldır.

Gec donan neftlərin nəql edilməsi zamanı neft depressor aşqarlarının istifadə olunması təcrübəsi göstərməmişdir ki, onlardan etilən doymamış mürtəkəb efrilərə (vinilasetat, akril, metakril turşuları, malein anhidridi və s.) sopolimerləri əsasında yaradılmış aşqarlar daha effektivdir. Neftlərin axıcılığında depressorların təsiri fərqlidir, ona görə də onlar hər bir neft və ya yaxın fiziki-kimyəvi xarakteristikalar malik olan neft qrupları üçün fərdi olaraq seçilir.

Depressor aşqarlarının əsas üstünlükləri onların ötürülən neft axınlarına əlavə əlavə sadəliyi, gec donan neftlərin hasilatı, nəqli və saxlanılması sistemlərində istifadə olunan digər kimyəvi əlavələrlə uyğunlaşması və onların istifadəsindən alınan yüksək iqtisadi effekt hesab olunur [8, 9].

Əvvəlcədən qızdırılmadan gec donan neftlərin ötürüldüyü boru kəmərlərində depressor aşqarlarının istifadə olunması nəqlin enerji xərclərini azaldır, ətraf mühtilə temperaturunun müstəmi azalması zamanı onların işləmə qabiliyyətini təmin edir, neft kəmərlərinin ötürülməsinin təhlükəsiz dayanmasının yüksəlməsi və onların stasionar rejimə çıxma müddətinin qısalması hesabına istehlaqların neftlərlə təchiz edilmə etibarlılığını yüksəldir.

Bu halda depressor aşqarları ilə emal edilmiş gec donan neftlərin nəqlini onların əvvəlcədən qızdırılması ilə ötürülməsinin real alternativini kimi nəzərdən keçirmək olar.

AQP çökmələrinin əmələ gəlməsi ilə çoxsaylı mübarizə üsullarından nisbətən effektivti neft dispers sistemlərində (NDS) bu prosesin qarşısını alan və ya inhibirləşdirən kimyəvi reagentlərin əlavə edilməsi sayılır. Kimyəvi reagentlərin tərkibinə daxil olan polimerlər çox müxtəlifdir, ona görə də ədəbiyyatda inhibirləşdirici aşqarların tə-

sir mexanizmi haqqında çoxsaylı, bəzən bir-birinə zidd təsvirlər mövcuddur. Həmin təsvirlərin məhiyyəti – aşqarların polimerlərinin neft sistemlərinin PK ilə qarşılıqlı təsirinə əsaslanır [10, 11].

Məlumdur ki, neft sistemlərinin QAK-ı PK-nin kristallaşma prosesinə ağıllıq dərəcədə təsir göstərir. Bir tərəfdən, qatranlı komponentlər təbii inhibitorlar hesab edilir və parafin kristallarının böyüməsini zəiflədir. Digər tərəfdən, NDS-də qatran və asfaltənlərin payının yüksəlməsi ilə PK-nin kristallaşma başlanğıcı temperaturu yüksəlir, kristalların üzərində yeni kristallaşma mərkəzlərinin meydana gəlməsi ilə onların səthi deformasiyaya uğrayır.

Yüksəkparafinli neftlərin fiziki-kimyəvi xassələrinin və reoloji parametrlərinin kimyəvi reagent təsirinə əvvəl və sonra tədqiqi bu gün də aktuallığını itirməmişdir.

Tədqiqat işinin məqsədi – yüksəkparafinli neftin fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin temperaturdan asılılığını laboratoriya şəraitində öyrənilməsidir.

TƏDQIQATIN METODİKASI

Son illərdə həm ölkəmizdə, həm də xaricdə yüksəkparafinli neftlərə depressor kimi müxtəlif kimyəvi reagentlərin, eləcə də onların kompozisiyalarının işlənilməsi və istifadəsi üzrə geniş tədqiqatlar aparılır.

Laboratoriya şəraitində tədqiqatların aparılması üçün götürülən neft nümunəsini fiziki-kimyəvi xarakteristikası əvvəl lə-də verilməlidir.

Verilmiş neft nümunəsi Ələt-dəniz-Bulla, 8 Mart və Səngəçal-Duvannı-Xara-Zirə yataqları neftlərinin əmtəə formasının qarşılığıdır. Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, tədqiq edilən neftlərin yüksək miqdarı və yüksək donma temperaturu ilə xarakterizə olunur.

Neftin sıxlığı piknometrik üsulla, donma temperaturu isə məlum metodika üzrə müəyyən edilmişdir [12]. Məvcud metodika İOCT üzrə donma temperaturunun müəyyən edilməsinin məlum üsulu ilə müqayisədə bir sıra üstünlüklərə malikdir, bu zaman neft temperatur emalına moruz qalır, belə ki, neftin 50 °C-yə qədər qızdırılması tədqiq edilən neftlərin reoloji xassələrinin xeyli pisləşməsinə gətirib çıxarır.

Neftin tərkibində parafinin miqdarının müəyyən edilməsi sonradan Enqler-Qaldə üsulu üzrə qovma -20 °C temperaturda dondurma ilə Sokslet aparatında adsorbsiya üsulu ilə həyata keçirilmişdir. Eyni zamanda silikagel qatranının və asfaltən miqdarı müəyyən edilmişdir [12].

Parametrlər	Kəmiyyət	Təyin üsulu
Nümunədə suyun miqdarı, %	0.06	ГОСТ 2477-65
Sıxlıq, ρ_{20}^{20} , kq/m ³	841.8	ГОСТ 3900-85
Parafinin miqdarı, %	9.1	ГОСТ 11851-85
Kinematik özlülük, 20 °C, mm ² /s	31.8	ГОСТ 11851-85
Orta təzyiq, MPa	0.63	-
Doymuş buxar təzyiqi, kPa	32.40	-
Neftin parafinlərlə doyma temperaturu, °C	29.4	-
Parafinin arıma temperaturu, °C	58	ГОСТ 11858-83
Kükürdün miqdarı, %	0.20	ГОСТ 1437-75
Xlor duzlarının miqdarı, %	0.002	-

Cədvəl 1

Parafinlərin qaynama temperaturu Jukov üsulu üzrə müəyyən edilmişdir.

Yüksəkparafinli neftin reoloji xassələrinə depressor aşqarın təsirinin tədqiqi üçün laboratoriya şəraitində Rusiya Federasiyasının istehsalı olan Difron-4201+ Difron-3970=1:1 nisbətində olmaqla depressor aşqarlardan kompozisiya hazırlanmışdır.

Neftin reoloji xassələrdən ən önəmlisi onun özlülüydür. Özlülük laminar axın zamanı laylar arası molekulların qarşılıqlı təsiri nəticəsində bir layın qonşu layın axmasına göstərdiyi müqaviməti xarakterizə edir. Neftin özlülüüyü onu təşkil edən komponentlərin kimyəvi tərkibi, quruluşu və faiz nisbətindən birbaşa asılıdır. Bu səbəbdən neftlərin özlülük əmsalının laboratoriya şəraitində tədqiqi olduqca vacibdir. Tədqiqat işini yerinə yetirən zaman "Reotest-2" firlanma viskozimetrdən istifadə edilmişdir [13–15].

Nəticələr və onların müzakirəsi

İlk növbədə götürülmüş neft nümunəsinin sıxlığı, səthi gərilmə əmsali, kinematik və dinamik özlülük əmsallarının normal atmosfer təzyiqində temperaturdan asılılığı laboratoriya şəraitində tədqiq edilmiş və 4–5 təcrübənin orta qiyməti cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, temperaturun 50K dəyişməsi tədqiq olunan yüksəkparafinli neft nü-

münəsinin sıxlığını 3.8 %, səthi gərilmə əmsalını 16 %, kinematik və dinamik özlülük əmsallarını isə 88 %-ə qədər azaldır.

Həmçinin yüksəkparafinli neft nümunəsinin həcmnin istidən genişlənmə əmsalının temperaturdan asılılığı öyrənilmiş və alınan nəticələr cədvəl 3-də öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 3-dən göründüyü kimi, yüksəkparafinli neftin istidən genişlənmə əmsali temperaturun yüksəlməsi ilə artır. Buna səbəb məhz temperaturun artması ilə neft komponentlərinin molekullarının lokal nizamlı quruluş yaranmaq meylinin azalmasıdır. Temperaturun yüksəlməsi neft molekullar arasında məsafənin və neftin həcmnin istidən genişlənmə əmsalının artmasına gətirib çıxarır.

Yüksəkparafinli neft nümunəsinə depressor aşqar əlavə etməklə fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Tədqiq olunan neft nümunələrinə Difron-4201 + Difron-3705= 1:1 kompozisiyasının 800 q/t miqdarı əlavə olunmuşdur. Aparılmış çoxsaylı laborator təcrübələrinin nəticələri cədvəl 4-də verilmişdir.

Cədvəl 3

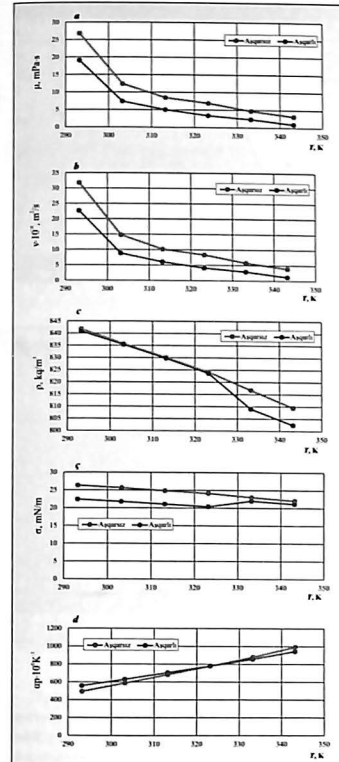
T, K	293.15	303.15	313.15	323.15	333.15	343.15
$\alpha \cdot 10^4 \text{ K}^{-1}$	496.8	590.8	685.4	782.6	882.8	995.96

Cədvəl 4

T, K	μ , mPa·s	J 10 ⁴ , m ² /s	ρ , kq/m ³	σ , mN/m
293.15	19.16	22.78	841.02	22.52
303.15	7.47	8.94	835.52	21.90
313.15	5.13	6.18	829.92	21.20
323.15	3.48	4.23	823.82	20.50
333.15	2.46	3.04	809.20	22.13
343.15	1.07	1.33	802.60	21.30

Cədvəl 5

T, K	293.15	303.15	313.15	323.15	333.15	343.15
$\alpha \cdot 10^4 \text{ K}^{-1}$	562.8	634.6	709.7	785.1	862.6	949.76



Yüksəkparafinli neftin aşqarsız və aşqar mühitində dinamik özlülük (a) kinematik özlülük (b), sıxlıq (c), səthi gərilmə əmsali (ç), həcmnin istidən genişlənmə əmsalının (d) temperaturdan asılılığı

Cədvəldən göründüyü kimi, kompozit reagentin təsiri nəticəsində bütün temperatur sahələrində səthi gərilmə, kinematik və dinamik özlülük əmsalları reagentin mühtə nəzərdən kəskin azalır, lakin neftin sıxlığı demək olar ki, az dəyişir.

Depressor aşqarlardan hazırlanmış kompozisiyanın təsirdən tədqiq olunan neft nümunəsinin reagentiz və reagent əlavə edilmiş halda fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin temperaturdan asılılıq grafikləri qurulmuşdur (şəkil 1).

Depressor kompozisiyanın təsirdən sonra yüksəkparafinli neftin müxtəlif temperaturlarda həcmnin istidən genişlənmə əmsali hesablanmışdır (cədvəl 5).

Cədvəl 3 və 5-ə əsaslanaraq reagentiz və reagentli neft nümunəsi üçün istidən genişlənmə əmsalının temperaturdan asılılıq grafiki qurulmuşdur (şəkil 2).

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, aşqarsız və aşqar əlavə edilmiş halda neftin həcmnin istidən genişlənmə əmsali bütün temperatur qiymətlərində bir-birindən az fərqlənir.

Nəticə

1. Laboratoriya şəraitində Ələt-dəniz-Bulla, 8 Mart və Səngəçal-Duvannı-Xara-Zirə yataqların neftlərinin əmtəə formasının fiziki-kimyəvi və reoloji xassələrinin temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Təcrübələr həm reagentiz və həm də reagent əlavə edilmiş neft nümunələri üçün aparılmışdır.

2. Temperaturun 50K artması zamanı aşqarsız neft nümunəsində sıxlıq 3.8 %, səthi gərilmə əmsalının isə 88 %-ə qədər azaldı, istidən genişlənmə əmsalının isə 50.11 % artması müşahidə edilmişdir.

3. Kompozisiya əlavə edilmiş nümunələrdə isə bütün temperatur sahələrində reagentiz nümunələrlə müqayisədə səthi gərilmə, kinematik və dinamik özlülük əmsallarının kəskin azaldığını, sıxlığın isə, demək olar ki, dəyişmədiyini, həmçinin həcmnin istidən genişlənmə əmsalının da hər iki halda bütün temperatur sahələrində bir-birindən az fərqləndiyi qeyd edilmişdir.

Ədablatyay siyahısı

1. *Брагинский О.В.* Мировой нефтегазовый комплекс. – М.: Наука, 2004, 605 с.
2. *Пересыпкин М.Н.* Добыча нефти в осложненных условиях. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2000, 653 с.
3. *Максутов Р., Орлов Г., Осипов А.* Освоение запасов высоковязких нефтей в России // *Технологии ТЭК*, 2005, № 6, с. 36–40.
4. *Соняев З.И.* Нефтяные дисперсные системы. – М.: Химия, 1990, 226 с.
5. *Антониади Д.Г., Валуцкий А.А., Гарушев А.Р.* Состояние добычи нефти методами повышения нефтеизвлечения в общем объеме мировой добычи // *Нефтяное хозяйство*, 1999, № 1, с. 16–23.
6. *Гаврилов В.П.* Концепция продления “нефтяной эры” России // *Геология нефти и газа*, 2005, № 1, с. 53–59.
7. *Заплатов И.П.* Геолого-технологические особенности освоения трудноизвлекаемых запасов // *Нефтяное хозяйство*, 2005, № 6, с. 57–59.
8. *Новиков А.А.* Физико-химические основы процессов транспорта и хранения нефти и газа. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005, 111 с.
9. *Апостол В.М.* Трубопроводы для транспортировки высоковязкой и застывающей нефти. – М.: Информнефтегазстрой, 1982, 36 с.
10. *Тубко П.В., Челентев С.Н., Максютин И.В.* Исследование реологических свойств нефти. – Ухта: УГТИ, 1999, 54 с.
11. *Есеров А.В.* Экспресс-метод оценки эффективности и оптимальных дозировок депрессорных присадок к парафинистым нефтям // *Вестник Казанского технологического университета*, 2011, № 11, с. 85–87.
12. *Методика определения температуры застывания нефтей и нефтепродуктов.* – Куйбышев: Гипровостокнефть, 1971, 8 с.
13. *Губин В.Е., Скрипников Ю.В., Писадки М.Н.* О тиксотропных характеристиках парафинистой нефти // *Труды ВНИИСПТнефть*. Сб.: Подготовка и транспорт нефти и нефтепродуктов, 1973, вып. 11, с. 3–6.
14. *Химия нефти.* Руководство к лабораторным занятиям: учеб. пособие для вузов / И.Н. Дияров и др. – Л.: Химия, 1990, 240 с.
15. *Инструкция по эксплуатации Реотест 2.1.* Цилиндрический и конусно пластинчатый ротационный вискозиметр. VEBMLW. – SITZFREITAL, 1986, 47 с.

References

1. *Braginsky O.V.* *Mirovoy neftegazovyy kompleks.* – M.: Nauka, 2004, 605 s.
2. *Peresyapkin M.N.* *Dobycha nefli v oslyozhnyonnykh usloviyakh.* – M.: Nedra-Biznesentr, 2000, 653 s.
3. *Maksutov R., Orlov G., Osipov A.* *Osvoyeniye zapasov vysokovyazkikh nefley v Rossii* // *Tekhnologii TEK*, 2005, No 6, s. 36–40.
4. *Sonyayev Z.I.* *Neflyanye dispersnye sistemy.* – M.: Khimiya, 1990, 226 s.
5. *Antoniadi D.G., Valuzkiy A.A., Garushev A.R.* *Sostoyaniye dobychi nefli metodami povysheniya nefteizvlecheniya v obshem ob'yeme mirovoy dobychi* // *Neflyanoe khozaystvo*, 1999, No 1, s. 16–23.
6. *Gavrilov V.P.* *Kontseptsiya prodleniya “nefyanoy ery” Rossii* // *Geologiya nefli i gaza*, 2005, No 1, s. 53–59.
7. *Zaplatov I.P.* *Geologo-tekhnologicheskie osobennosti osvoyeniya trudnoizvlekaemykh zapasov* // *Neflyanoe khozaystvo*, 2005, No 6, s. 57–59.
8. *Novikov A.A.* *Phiziko-khimicheskie osnovy protsessov transporta i khraneniya nefli i gaza.* – Tomsk: Izd-vo TPU, 2005, 111 s.
9. *Agopkin V.M.* *Truboprovody dlya transportirovki vysokovyazkoy i zastyvayushchey nefli.* – M.: Informneftegazstroy, 1982, 36 s.
10. *Tubko P.V., Chelintsev S.N., Maksyutin I.V.* *Issledovaniye reologicheskikh svoystv nefli.* – Ukhita: UGTI, 1999, 54 s.
11. *Yeserov A.V.* *Express-metod otsenki effektivnosti i optimal'nykh dozirovok depressornykh prisadok k parafinistym neflyam* // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2011, No 11, s. 85–87.
12. *Metodika opredeleniya temperatury zastывaniya nefley i nefteproduktov.* – Kuybyshev: Giprovostokneft', 1971, 8 s.
13. *Gubin V.E., Skripnikov Yu.V., Pisadki M.N.* *O tixsotropnykh kharakteristikakh parafinistoy nefli* // *Trudy VNIISPneft'*. Sb: *Podgotovka i transport nefli i nefteproduktov*, 1973, 1973, vyp. 11, s. 3–6.
14. *Khimiya nefli.* *Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam: ucheb. posobie dlya vuzov* / I.N. Diyarov i dr. – L.: Khimiya, 1990, 240 s.
15. *Instruktsiya po ekspluatatsii Reotest 2.1.* *Tsilindricheskii i konusno plastinchatyi rotatsionnyi viskozimetr.* VEBMLW. – SITZFREITAL, 1986, 47 s.