

UOT 622.276.8

## Ağır neftlərin özlülüklerini tənzimləmək üçün yeni tərkibli kompozitin tədqiqi

M.M. Əsədov, k.e.d.<sup>1</sup>, K.Ə. Məmmədov, t.e.n.<sup>2</sup>, M.N. Şixiyev, t.e.n.<sup>3</sup>, S.R. Məmmədova, k.ü.f.d.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kataliz və Qeyri-Üzvi Kimya İnstitutu,

<sup>2</sup>"Neftqazəlimtədqiqatlayihə" İnstitutu,

<sup>3</sup>"Azərbaycan neft təsərrüfatı" jurnalı

Elektron ünvan: mirasadov@gmail.com

*Məqalədə yüksək özlülüklü yerli neftin özlülüynün azaldılması yolu ilə axıcılığının yaxşılaşdırılması üçün texniki fosfatid konsentratından, asidol və çoxatumlu spirdən hazırlanan fiziki-kimyəvi xassələrinə görə qeyri-ionogen səthi aktiv xassəli kompozit tərkibinin tətbiqinin nəticələri verilmişdir. Məlum olmuşdur ki, hazırlanan kompozit tərkib müxtəlif temperaturalarda yüksək parafinli neftin özlülüynü azaldır və axıcılıq xassəsinə müsbət təsir göstərir. Yeni, daha səmərəli və ucuz su-neft emulsiyaları əmələgətirən tərkiblərin hazırlanması və tətbiqi yüksək qatran-parafinli və ağır neft məhsullarının özlülüklerini tənzimləməklə neftin nəqlinin texniki imkanlarını artırır.*

*Açar sözlər: parafin, həlledici, neft, özlülük, faza, səthi aktiv xassə, emulsiya.*

### Giriş

Hazırda yüksək özlülüklü neftlər dünya neft istehsalının ≈ 15 %-ni təşkil edir. Neftin özlülüynü Amerika Neft İnstitutu (API) miqyası səviyyəsində dərəcələrlə ifadə edilir. Məsələn, yüksək özlülüklü neftin sıxlığı > 1.00 (10° API). Ağır neftin çıxarılmasının çətinliyi onun tapılması, öyrənilməsi, çıxarılması, ayrılması, nəql edilməsində özünü göstərir və həmçinin emalı mürəkkəb prosesdir. Məlumdur ki, neft ehtiyatlarının 44–55 %-i ağır neftlərdir [1]. Ağır neft istehsal baxımından ən bahalı, qiyməti isə ən ucuzdur.

Neftin daşınması prosesinin səmərəliyinin artırılması üçün özlülüklü və yüksək özlülüklü neft əvvəlcədən emal olunur. Neftin özlülüynü azaltmaq üçün müxtəlif metodlardan istifadə edilir. Bütün məlum metodlar bir neçə qrupa bölünə bilər:

- termiki qızdırma;
- emulqator maddələrin köməyiylə suda emulsiya yaradılması;

- müxtəlif növ elektromaqnit şüaları və onların kombinasiyaları ilə neftli mayeyə təsir;
- yüksək intensivlikli ultrasəs dalğalarından istifadə edərək neftin işlənməsi.

Yuxarıda qeyd edilənlərdən göründüyü kimi fiziki-kimyəvi yolla neft saxlayan mayələrdə su-neft emulsiyalarının formalaşdırılması üsulu neftin özlülüynün azaldılmasının əsas metodlarından biridir.

Müxtəlif üzvi reagentlərdən (həlledicilər) istifadə etməklə layda quyudibi zonaların işlənməsi səmərəliyini yüksəltmək və ümumi neft hasilatını artırmaq mümkündür [2–4]. Adətən neft və ağır neft məhsullarına depressor aşqarlar kimi, neftdə həll olan sintetik polimer (məsələn, vinil asetat ilə və ya doymamış turşuların efirləri ilə alkenlərin sopolimerləri) əlavə edilir. Parafinli neftə bu tərkibli üzvi maddələrin kiçik miqdarda əlavə edilməsi neftin özlülüynü və sürüşmə gərginliyini dəyişə bilər.

Lakin yüksək özlülüklü qatran-parafinli neft üçün sopolimerlər az və ya heç bir tənzimləyici

təsir göstərmir. Buna görə də, yüksək özlülüklü neftin özlülüynü azaltmaq və tənzimləmək üçün məlum reagent və aşqarların təsir mexanizmindən fərqli təsir mexanizminə malik olan, reoloji xassələrini dəyişməyə imkan verən, tərkibində digər üzvi birləşmələr saxlayan reagentlərin axtarışı davam etdirilir [5–7]. Bu cür qeyri-ionogen səthi aktiv xassəli tərkiblər neft saxlayan sistemlərdə qeyri-tarazlıqlı hadisələrin, məsələn, qaz-mayə fazalararası termodinamik qeyri-sabitliyin, zəiflədilməsi üçün də işlədilə bilər [8].

İşin məqsədi laboratoriya və mədən şəraitində istifadə olunmuş komponentlər əsasında hazırlanmış kompozit tərkibin tətbiqinin nəticələrini ümumiləşdirmək və bu tərkibin təsiri ilə neftin xassələrinin dəyişməsinə təsvir etməkdir. Müxtəlif qatılıqlarda götürülmüş, tərkibində səthi aktiv komponentlər saxlayan (o cümlədən pambıq fosfatid konsentratı olan) kompozitin neftin reoloji xassələrinə təsiri müəyyən edilmişdir.

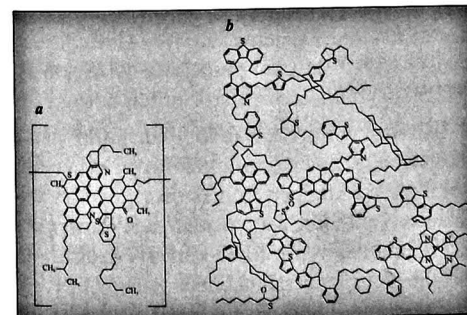
### Metodik hissə

API-nin təklif etdiyi meyara görə neftin ağırlığı aşağıdakı kimi qiymətləndirilir

$$API = \frac{141.5}{\rho / \rho_w} - 131.5, \quad (1)$$

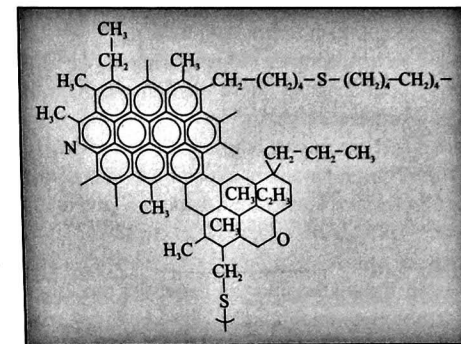
burada  $\rho$ ,  $\rho_w$  – uyğun olaraq neftin və suyun 15.6 °C-də (60 °F) sıxlığıdır. API meyara görə ağır neft 20–10 intervalında, çox ağır neft isə API < 10 qəbul edilib.

Ağır neftdə qatran-parafinlə yanaşı asfaltənlər də olur. Asfaltən molekullarının quruluşu ayrı-ayrı yataqlar üçün müxtəlifdir (şəkil 1) [9]. Təxminən yeddi aromatik halqaya malik olan bu molekulların diametri 1–2 nm-yə bərabərdir.



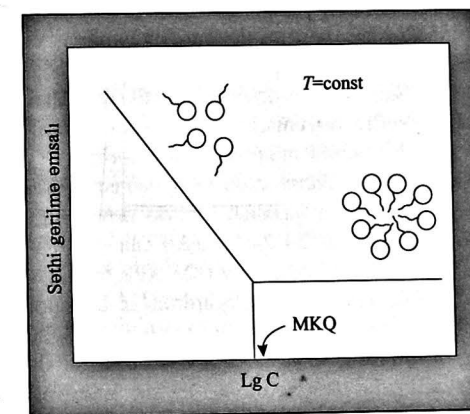
Şəkil 1. Asfaltənlərin ideallaşmış molekulyar quruluş sxemi:  
a - Venesuela xam nefti; b - Atabaska asfaltəni (Kanada)

Asfaltən molekullarının kimyəvi quruluşu şəkil 2-də verilib [10].



Şəkil 2. Asfaltən molekullarının quruluş sxemi

Ağır neftdəki asfaltən-qatran-parafin təsir edən səthi aktiv xassəli kompozit tərkib dispers sistem yaradır [11]. Bu zaman kolloid məhlulda əmələ gələn miselin kritik qatılığı (MKQ) səthi gərilmə əmsalının meyilliyinin dəyişməsinin tərkibin qatılığından C asılılığı qrafikindən müəyyən edilir (şəkil 3).



Şəkil 3. Səthi gərilmə əmsalının kompozit tərkibin qatılığından asılılığı

Davamlı emulsiya hazırlamaq üçün götürülmüş tərkibdə komponentlərin optimal qatılığının təyin edilməsi vacib məsələdir. Emulsiya sabilliyi aşağıdakı tənliklə ifadə olunur.

$$Emulsiyanın sabilliyi, \% = 1 - \frac{\text{Ayrılmış suyun miqdarı}}{\text{İlkin suyun tərkibdə miqdarı}} \quad (2)$$

Xam neftin özlülüynün azaldılmasında (ÖA) emulsiyanın əmələ gəlməsi prosesinin effektivliyi bu tənliklə hesablanır

$$\text{ÖA}(\%) = 100 \left( \frac{\mu_0 - \mu_{0w}}{\mu_0} \right), \quad (3)$$

burada  $\mu_0$  – xam neftin özlülüyü,  $\mu_{0w}$  – verilən şərait və temperaturda sistemə kompozit tərkibin əlavə edilməsindən sonra ölçülən emulsiyanın özlülüyüdür.

Su-neft emulsiyası əmələ gətirən kompozitin optimal tərkibinin müəyyən edilməsi məqsədilə texniki fosfatid konsentrasi, asidol və çoxatomlu spirtin qarışığından istifadə edilmişdir. Hazırlanan kompozit tərkib qeyri-ionogen səthi aktiv xassələrə malikdir. Texniki fosfatidin tərkibinin əsas hissəsini fosfolipidlər (56–64 %) və triasilgiseridlər (35–45 %) təşkil edir. Həmçinin onun tərkibində 4.5–7.5 % sərbəst yağ turşuları, 0.15–1.5 % qossipol və onun törəmələri də mövcuddur [4].

Götürülmüş kompozit tərkibin ağır neftin xassələrinə təsiri laboratoriya şəraitində tədqiq edilmişdir. Uzunluğu 0.8 m, daxili diametri 0.04 m olan su-neft lay modelində (SNLM) kvars qumundan təşkil olunmuş, həcmi  $264.4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  məsaməli mühit yaradılmışdır. Model vakuumlaşdırıldıqdan sonra su ilə tam doydurulmuş və standart üsulla suya görə keçiriciliyi təyin edilmişdir. Sonra SNLM-dən su ağır neftlə qovularaq model neftlə doyumluluq dərəcəsinə çatdırılmışdır. Məsaməli mühitin məsamələrindən üç həcm neft keçdikdən sonra müəyyən edilmişdir ki, məsamələrin başlanğıc neftlə doyumluğu 76 %, əlaqəli su isə 24 % təşkil edir.

Otaq temperaturunda və 25 kPa təzyiqdə SNLM-dəki neft su ilə sıxışdırılmışdır. Bu halda son sıxışdırma əmsalının qiyməti 0.467 v.h. təşkil etmişdir. Yəni SNLM-ə vurulan su ilə məsamələrdə olan neftin 46.7 %-nin sıxışdırılması mümkün olmuşdur. Sıxışdırma əmsalının nisbətən aşağı olmasını SNLM-ə vurulan suyun nefti yuma keyfiyyətinin zəif olması ilə əlaqələndirmək olar. Digər bir səbəb isə SNLM-də neftin məsaməli mühitdə süzülməsi zamanı təzyiq və temperaturun düşməsi nəticəsində neftin tərkibindəki ağır komponentlərin çökməsidir. Bu səbəbdən SNLM-dəki neftin keçiriciliyi azalır. Nəticədə neftin laydibinə süzülməsi zamanı hidravlik müqavimət yaranır və SNLM-in effektiv işləməsi zəifləyir.

#### Nəticələrin təhlili

Ağır xam neft və durulaşdırıcıların qarışığından yaranan özlülüyün qiymətləndirilməsi üçün təxmini korrelyasiya belədir

$$\log \mu = \left( \frac{\alpha V_0}{\alpha V_0 + V_d} \right) \log \mu_0 + \left( 1 - \frac{\alpha V_0}{\alpha V_0 + V_d} \right) \log \mu_d, \quad (4)$$

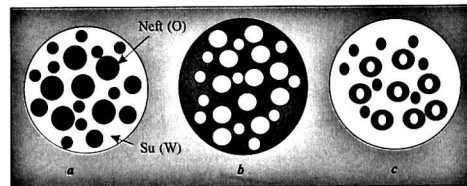
burada  $V_0$ ,  $V_d$  – ağır xam neft fraksiyasının və durulaşdırıcının həcmi hissələri;  $\mu_0$ ,  $\mu_d$  – ağır xam neft (və ya bitumun) və durulaşdırıcıların özlülükləri;  $\alpha$  – 0-dan 1-ə qədər dəyişən empirik sabitdir.

Ağır xam neft (və ya bitum) yüngül karbohidrogenlərlə durulaşdırıldıqda alınan qarışıq üçün  $\alpha$  sabitinin qiyməti aşağıdakı empirik düsturla təyin edilir [12]

$$\alpha = \frac{17.04(\rho_0 - \rho_d)^{0.5237} \rho_0^{3.2745} \rho_d^{1.6316}}{\ln \left( \frac{\mu_0}{\mu_d} \right)}, \quad (5)$$

burada  $\alpha$  sabitinin qiyməti neftin, yüngül karbohidrogenlərin sıxlığı  $\rho$  və onların özlülüklərinin nisbətindən asılıdır.

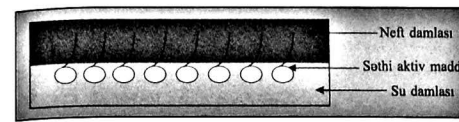
Emulsiyalar davamlı fazanın xarakterinə görə tədqiq edilən neft və su qarışığının dispersiyasıdır. Sadə təsnifata əsasən əmələ gələn neft emulsiyalarının sxemi şəkil 4-də verilib. Bu növ emulsiyalardan ağır xam nefti nəql etmək üçün istifadə edilir.



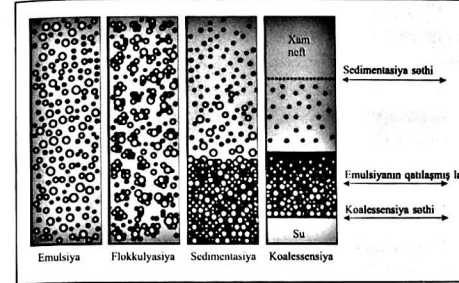
Şəkil 4. Ağır xam neft və su qarışığında mümkün olan üç növ emulsiyanın sxemi; a – neft suda (o/w), b – su neftdə (w/o), c – ikiqat emulsiya (w/o/w)

İstifadə edilən tərkibdə olan səthi aktiv komponentlər emulsiyanın stabilliyini təmin edir (şəkil 5). Bu komponentlərin qatılığı və termodinamik şəraitdən asılı olaraq neft-su dispers sistemində baş verən fiziki-kimyəvi hadisələrin sürətini dəyişmək mümkündür (şəkil 6) [13].

Hazırlanan SNLM-nin çıxışına müxtəlif miqdarda götürülmüş kompozit tərkib əlavə edilmiş, modelin girişi və çıxışı müəyyən müddət bağlı saxlanıldıqdan sonra modelin giriş



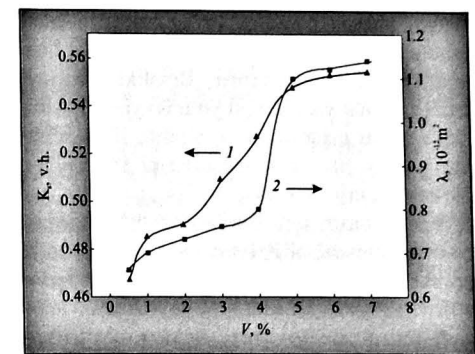
Şəkil 5. Səthi-aktiv maddə ilə stabiləşdirilmiş emulsiyanın sxemi



Şəkil 6. Neft-su dispers sistemində gedən fiziki-kimyəvi hadisələrin sxemi

hissəsi su axınına birləşdirilmişdir. Bu zaman modeldə olan qalıq neftin sıxışdırılması müşahidə edilmişdir. Neftsıxışdırma əmsalının və SNLM-dəki məsaməli mühitin modelə kompozit tərkib əlavə etdikdən sonra keçiriciliyinin əlavə edilən emulsiya əmələ gətirən kompozit tərkibin miqdarından asılılıqları təyin olunmuşdur. Neftsıxışdırma əmsalı su ilə uyulan sahədə (zonada) neftin su ilə sıxışdırılması səmərəliliyini xarakterizə edən kəmiyyətdir. Neftsıxışdırma əmsalına təsir edən əsas amillər neft və suyun özlülüklərinin nisbəti, məsaməli mühitin qeyri-bircinsliyi və selektiv islanmadır. Hazırlanmış və tərkibində texniki fosfatid konsentrasi, asidol və çoxatomlu spirt olan kompoziti SNLM-ə əlavə etdikdə modelin neftsıxışdırma əmsalı 8.5–8.7 %-ə çatır. Bu kəmiyyət tərkibdəki səthi aktiv maddələrin qatılığından və SNLM-də olan qalıq neftin doymasından əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. SNLM-də aparılan tədqiqatların nəticələri şəkil 7-də göstərilmişdir.

Beləliklə, hazırlanmış tərkib SNLM-ə əlavə edilməsilə neftin sıxışdırılmasının tənzimlənməsi mexanizmini aşağıdakı kimi izah etmək olar. Məsaməli mühitdə sulaşmış sahədə su kiçik məsamələri tutduğu halda, su-neft emulsiyası əmələgətirən tərkibli kompozitin SNLM-ə əlavə edilməsi zamanı kompozit molekulları mühitin böyük məsamələrini də tutur. Bu zaman qavitasiya qüvvəsinin təsiri altında layın yuxarı hissəsində emulsiya şəklində tərkibin molekulları formalaşır. Su və emulsiya əmələgətirən tərkibin SNLM-ə daxil edilməsi prosesində



Şəkil 7. Su-neft lay modelində son neftsıxışdırma əmsalının (əyri 1) və məsaməli mühitin modelə emulsiya əmələgətirən kompozit tərkib əlavə edildikdən sonrakı keçiriciliyinin (əyri 2) modelə əlavə edilən tərkibin miqdarından ( $V$  – məsamələrin həcmi, %) asılılıqları

həcmələrin optimal nisbəti məsaməli mühitdə olan xırda (orta ölçüdə az) və böyük (orta ölçüdə çox) məsamələrin həcmi nisbətə təyin olunur.

Emulsiya əmələ gətirən komponentlərdən ibarət olan kompozit tərkibin tətbiq edilməsi prosesində neftin tərkibində olan bərk parafinli karbohidrogenlərin həllolması baş verir və özlülüyün azalması müşahidə edilir. Hazırlanmış tərkibin SNLM-ə əlavə olunması ilə parafinli neftin kristallaşması prosesi əhəmiyyətli dərəcədə zəifləyir. Tərkibdəki komponentlərin təsiri ilə neftin möhkəmliyi azalır və onun plastikliyi artır. Bu hadisəni neftə əlavə edilən su-neft emulsiya əmələ gətirən tərkibin və parafinlər arasında yaranan kimyəvi komplekslərin yaranması ilə izah etmək olar. Bu halda qatran-parafin əsaslı gel əmələ gəlir ki, onun da quruluş fəzasında kristalların formalaşması çətinləşir və quruluşdakı nizamlılıq azalır. Su-neft emulsiya tərkibli kompozit-parafin qarışığı hissəcikləri quruluşu fəza torunda kristalların yaranması və birləşməsinə mane olur.

Neftdə emulsiya əmələ gətirən tərkibli kompozitin zəruri miqdarı, qoyulan məqsəddən və əlavə ediləcək tərkibin istifadəsinin xüsusi şərtlərindən asılıdır. Təcrübədən məlumdur ki, məsələn, neftin əsas boru kəmərilə uğurla nəql edilməsi üçün ona qatılığı 0.1–0.2 % kütlə olan tərkiblərin əlavə edilməsi kifayətdir. Yüksək özlülüklü neftin az özlülüklü neftlə qarışığının nəqli zamanı, belə tərkiblərin qatılığının azaldılması da mümkündür. Yeni, daha səmərəli və ucuz tərkiblərin hazırlanması,

tətbiqi yüksək parafinli və ağır neft məhsullarının məsələn, boru kəməri vasitəsilə, nəqlinin texniki imkanlarını artırır. Beləliklə, su-neft emulsiyasının yaradılması yolu ilə yüksək özlüklü neftin çıxarılması, ayrılması, ilkin işlənməsi, nəqli və emalı proseslərini intensivləşdirmək mümkündür.

Hazırlanmış tərkibin istehsalat sınaqları "Bibiheybətneft" NQÇİ-nin 3851 №-li dərnlilik nasos quyusunda aparılmışdır. Quyunun istismar göstəricilərini təyin etmək və quyudibində tıxac olub-olmadığını yoxlamaq üçün nasos-kompresor boruları perforasiya deliklərindən 5–10 m uxarıya buraxılmışdır. Hazırlanmış tərkib nümunəsi nasos-kompresor boruları vasitəsilə quyudibi sahəyə vurulmuş, sonra quyu 10–15 saat bağlı saxlanılmış və istismara buraxılmışdır. Sınaqlar göstərmişdir ki, yaranmış su-neft emulsiyasının təsiri nəticəsində kollektordakı məsələli mühitin məsələləri və çatlardakı parafin çöküntülərinin həll olması baş verir. Bu da neftin özlülüyünün azalmasına, onun axıcılıq qabiliyyətinin və quyunun məhsuldarlığının artmasına şərait yaradır. Alınan məlumatlar neft-qaz sənayesinin mütəxəssisləri üçün maraqlı ola bilər.

#### Nəticə

1. Texniki fosfatid konsentrasi, asidol və çoxatomlu spirtədən hazırlanan səthi aktiv xassəli kompozit tərkibin təsiri nəticəsində yüksək özlülüklü yerli neftin özlülüyü azaldılmış və onun axıcılığı artırılmışdır.

2. Tərkibin təsiri nəticəsində yüksək temperaturda əriyən parafinlərin quruluşu dəyişir və onlar bərk haldan maye hala keçir, bu zaman neftli sistemdə daha aşağı temperaturda qatılaşan (donan) yeni bir quruluş yaranır.

3. Hazırlanan tərkib hətta kiçik yerdəyişmə sürətində belə neftin özlülüyünü azaldır və bu da neftin nəqlinin texniki-iqtisadi əsaslandırması baxımından vacibdir.

*Bu iş Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkətinin Elm Fondunun qismən dəstəyi ilə həyata keçirilmişdir (layihə № 12 LR-AMEA).*

#### Ədəbiyyat siyahısı

1. Николин И.В. Методы разработки тяжелых нефтей и природных битумов // Наука – фундамент решения технологических проблем развития России, 2007, № 2, с. 54-68.
2. Фукс Г.И. Вязкость и пластичность нефтепродуктов. – М.: НИЦ "РХД", 2003, 328 с.
3. Ларин А.Н. Общая технология отрасли: учеб. пособие. – Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2006, 76 с.
4. Абдурахимова Д.С., Набиев А.Б., Султонов А.С., Тураев А.С. Технический хлопковый фосфатидный концентрационный ПАВ для повышения текучести высоковязких нефтей // Узбекский журнал нефти и газа, 2010, № 2, с. 35-36.
5. Роцин П.В., Петухов А.В., Васкес Карденас Л.К., Назаров А.Д., Хромых Л.Н. Исследование реологических свойств высоковязких и высокопарафинистых нефтей месторождений Самарской области // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2013, т. 8, № 1, с. 1-17.
6. Рогачев М.К., Колонских А.В. Исследование вязкоупругих и тиксотропных свойств нефти Усинского месторождения // Нефтегазовое дело, 2009, т. 7, № 1, с. 37-42.
7. Ivory J., Chang J., Coates R., Forshner K. Investigation of cyclic solvent injection process for heavy oil recovery // Journal of Canadian Petroleum Technology, 2009, v. 49, № 9, pp. 22-33.
8. Асадов М.М., Рамазанова Э.Э. Неустойчивые межфазные явления в газо-жидкостных системах, содержащих нефть // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2007, № 8, с. 54-59.
9. Structures and Dynamics of Asphaltenes Edited by O.C. Mullins and E.Y. Sheu. Plenum Press, New York in 1998, 441 p.
10. Langevin D., Argillier J.-F. Interfacial behavior of asphaltenes // Advances in Colloid and Interface Science, 2016, v. 233, pp. 83-94.
11. Zaytova N.M., Skvortsova Z.N., Traskin V.Yu. et al. Heavy Oil as an Emulsion: Composition, Structure, and Rheological Properties // Colloid Journal, 2016, v. 78, № 6, pp. 735-746.
12. Hart A. A review of technologies for transporting heavy crude oil and bitumen via pipelines // J. Petrol Explor Prod Technol, 2014, v. 4, pp. 327-336.
13. Sorland G.H. Dynamic Pulsed-Field Gradient NMR. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2014, 364 p.

#### Исследование нового композитного состава для регулирования вязкости тяжелых нефтей

М.М. Асадов, К.А. Мамедов, М.Н. Шихиев, С.Р. Мамедова

Даны результаты применения композитного состава с неионогенными поверхностно-активными свойствами, содержащего концентрат технического фосфатид, ацидол и многоатомный спирт с целью улучшения текучести отечественных нефтей путем уменьшения их вязкости. Показано, что приготовленный композитный состав при различных температурах уменьшает вязкость высокопарафинистых нефтей и хорошо воздействует на их текучесть. Разработка и применение новых более эффективных и относительно недорогих составов, образующих водонефтяные эмульсии путем регулирования вязкости высокопарафинистых и тяжелых нефтей увеличивает технические возможности транспорта нефтей.

**Ключевые слова:** парафин, растворитель, нефть, вязкость, фаза, поверхностно-активные свойства, эмульсия.

#### Study of a new composite agent for regulation of heavy oils viscosity

M.M. Asadov, K.A. Mammadov, M.N. Shikhiyev, S.R. Mammadova

The paper presents the results of applying non-ionogen surface-active composite by physical-chemical properties developed from technical phosphatide concentration, acidol and polyatomic alcohol for the improvement of domestic heavy oils fluidity by decreasing their viscosity. It was justified that developed composite agent reduces the viscosity of high paraffinic oils in various temperatures and improves their fluidity properties. The development and implementation of composites forming more efficient and cheaper water-oil emulsions improve technical aspects of oil transportation by regulating the viscosity of high alkali-paraffinic oils and heavy oil products as well.

**Keywords:** paraffin, solvent, oil, viscosity, phase, surface-active property, emulsion.