

UDC 622.032.62

DOI 10.52171/herald.245

Rheological Study of Oil-Sand-Water Mixtures

F.B. Ismayilova, G.G. Ismayilov, G.A. Zeynalova

Azerbaijan State University of Oil and Industry (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

İsmayilova Fidan / e-mail: fidan.ismayilova.2014@mail.ru

Abstract

Oil-gas practice shows that starting from wells up to delivery to a treatment station in industrial pipelines in most cases the transport of multicomponent and multiphase systems (oil-water-sand and other solids) is realized. The abnormal flow properties of these systems under field conditions during their collection, treatment, and transportation, as a rule causes certain problems and result in additional power consumption. So, the investigations of the formation reasons of such systems and their geophysical and hydraulic features are becoming actual. In this paper is given the results of study on the basis of roto viscometric studies of various oils of the "Muradkhanly" field on "Reotest-2", the influence of the content of various fractional compositions of sand on the rheological characteristics of water-oil systems. In particular, it was found that the effect of a bulk element on the viscosity properties of these systems is nonmonotonic and strongly depends on the water content in heterogeneous mixtures.

Keywords: rheology, "well-gathering" system, amount of sand, effective viscosity, oil-sand-water mixture.

Submitted 30 Dec 2022

Published 17 Mar 2025

For citation:

F.B. Ismayilova, G.G. Ismayilov, G.A. Zeynalova

[Rheological Study of Oil-Sand-Water Mixtures]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (1), pp. 65-75

Neft-qum-su qarışıqlarının reoloji tədqiqi

F.B. İsmayılova, Q.Q. İsmayılov, G.A. Zeynalova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Neft yataqlarının istismar zamanı mədən təcrübəsi göstərir ki, quyu yığım sistemində quyudan başlayaraq hazırlıq məntəqəsində yığım və nəql boru kəmərlərində əsasən mutlifazalı və çox komponentli heterogen sistemlərin hərəkəti mövcuddur. Bir qayda olaraq bu cür anomal sistemlərin reoloji xüsusiyyətləri nəticəsində yığım-nəql sistemlərində müəyyən texnoloji çətinliklər və enerji xərclərinin çoxalması baş verir. Məqalədə “Muradxanlı” yatağının neftləri təmsalında müxtəlif qum qarışıqlarından asılı olaraq neft emulsiyalarının “Reotest”-də sınaılması əsasında reoloji xüsusiyyətləri tədqiq olunmuş və müəyyən edilmişdir ki, su-neft sistemlərinə qumun təsiri qeyri-monoton olmaqla və sulaşma faizindən asılı olaraq müxtəlif olur.

Açar sözlər: reologiya, quyu-yığım sistemi, qumun miqdarı, effektiv özlülük, neft-qum-su qarışığı.

Реологическое исследование нефтеводопесчаных смесей

Ф.Б. Исмаилова, Г.Г. Исмаилов, Г.А. Зейналова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (Баку, Азербайджан)

Аннотация

Нефтепромысловая практика показывает, что, начиная от скважины до поступления в пункт подготовки, в технологических трубопроводах в большинстве случаев осуществляется транспортировка многокомпонентных и многофазных систем (нефть – вода – песок и других мехпримесей). Аномальные реологические свойства этих систем в промысловых условиях при их сборе, подготовке и транспортировке, как правило, вызывают определенные трудности и приводят к дополнительным энергетическим затратам. Поэтому приобретает актуальность исследование причин образования таких систем и их реофизических и гидравлических особенностей. В работе на основании ротавискозиметрических исследований различных нефтей месторождения «Мурадханлы» на «Reotest-2» было изучено влияние содержания различных фракционных составов песка на реологические характеристики водонефтяных систем. В частности, было установлено, что влияние сыпучего элемента на вязкостные свойства указанных систем носит немонотонный характер и сильно зависит от содержания воды в гетерогенных смесях.

Ключевые слова: реология, система сбора скважин, содержание песка, эффективная вязкость, нефтеводопесчаная смесь.

Giriş

Neft-mədən praktikasısı göstərir ki, istismar quyularından başlayaraq neftin hazırlanması məntəqəsinədək mədəndaxili texnoloji boru kəmərlərində əsasən çoxkomponentli, multifazalı heterogen sistemlər nəql edilir. Bu zaman müxtəlif qarışıqların hesabına zamandan asılı olaraq həmin sistemlər öz fiziki-kimyəvi və reoloji xüsusiyyətləri ilə yanaşı, əmtəə keyfiyyətlərini də dəyişmiş olur.

Hasil olunan reoloji mürəkkəb, qum qarışığı olan neftlər, onların emulsiyaları, müxtəlif çeşidli və sulaşmış neftlərin qarışıqlarının anomal xüsusiyyətli (elastik, struktur dayanıqlığının pozulması, özlü-elastik və s.) olması mədən şəraitində onların yığılması, hazırlanması və nəqli zamanı xeyli çətinliklər və əlavə enerji xərcləri törədir [1-3].

Hal-hazırda bu cür neftlərin fiziki-kimyəvi, reoloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi və deemulsasiyası məsələlərinə çoxsaylı tədqiqat işlərinin həsr olunmasına baxmayaraq, “lay-quyu-yığım sistemi”-ndə, eləcə də texnoloji boru kəmərlərində anomal xassəli çoxkomponentli sistemlərin və emulsiyaların yaranması ilə əlaqədar problem məsələlərin bir çoxu hələ də öz həllini tapmamışdır. Bu baxımdan həmin sistemlərin yaranma səbəbi, onların reoloji, hidravliki və reotexnoloji xüsusiyyətlərinin tədqiqi xeyli aktualıq kəsb edir [4-6].

İşin məqsədi

Məlumdur ki, mədən boru kəmərləri sistemində baş verən texniki–texnoloji mürəkkəbləşmələrin sayı daha çoxdur və onların həlli magistral kəmərlərə nisbətən daha çətinidir. Bu çətinliklərin böyük bir qismi sulaşma və qarışmadan (multifazalıqdan) asılı olaraq nəql olunan sistemlərin reoloji cəhətdən anomal

xüsusiyyətlərə malik olması ilə bağlıdır.

“Quyu-yığım” sistemində özünü göstərən bu anomallıq istismar quyularında neftə qarışan qumun təsirindən daha da kəskinləşmiş olur. Məhz buna görə reoloji mürəkkəb neftlərin və onların müxtəlif qarışıqlarının, həmçinin çətin parçalanan və qumlu su-neft emulsiyalarının yığım və nəql sistemlərində hidravliki xüsusiyyətlərinin də nəzərə alınması zəruridir.

Məsələnin qoyuluşu

Azərbaycanın müxtəlif neft yataqlarından hasil olunan qeyri-Nyuton xassələrinə malik bir sıra neftlərin və onların emulsiyalarının boru kəmərlərində axını zamanı müəyyən konkret şəraitdə öz hərəkət dayanıqlılıqlarının itirilməsi faktı bir çox tədqiqatçılar tərəfindən artıq təsdiqlənmişdir.

Bir qayda olaraq, bu halın baş verməsi sistemin daxili struktur dəyişikliyi və elastikliyi ilə əlaqələndirilir. Belə sistemlər reoloji cəhətdən qeyri-taraz sistemlərə aid edilir və onlar üçün axma əyriləri əksər hallarda qeyri-xəttidir. Bu neftlərdə qeyd olunan anomallıq müxtəlif amillərlə izah edilə bilər. Struktur əmələgətirən neftlər üçün ən çox təyinedici amil – tərkibində qətran, parafin və asfaltın hissəciklərinin olması və onların bir-biri ilə qarşılıqlı təsiri, həmçinin faza çevrilmələri zamanı sistemdə yeni fazanın rüşeymlərinin əmələ gəlməsidir [4, 5].

Digər tərəfdən, həmin sistemlərin viskozimetrdə aparılan reoloji tədqiqatlarının nəticələri göstərir ki, müxtəlif struktur əmələgətirən neftlərin boru kəmərinə hərəkəti zamanı axının struktur dayanıqlılığı, Reynolds ədədi böhran qiymətinə çatmamış pozulur [3, 4].

Boru kəmərilə nəql olunan və ya nəql

olunacaq qarışıqların reologiyasının, fiziki-kimyəvi xassələrinin nəzərə alınması və boru kəmərlərinin hidravliki xarakteristikasının həmin xüsusiyyətlərdən asılılığının müəyyən edilməsinin praktiki əhəmiyyət kəsb etməsini nəzərə alaraq, işdə “Muradxanlı” İNM-nin müxtəlif quyularından götürülmüş neft nümunələrinin və onların qarışıqlarının rotoviskozimetrik tədqiqatları əsasında su-neft sistemlərinin reoloji xassələrinə müxtəlif qum fraksiyalarının təsiri öyrənilmiş və sistemin özlülüyünün dənəvər elementin (qumun) miqdarından qeyri-monoton asılılığı müəyyən edilmişdir.

Çoxkomponentliliyin, yəni qum qarışığı olan sulaşmış neftlər üçün axınının hidravliki meyarlarının dəqiqləşdirilməsinin zəruriliyi göstərilmişdir.

Məsələnin həlli

Laboratoriya şəraitində su-neft emulsiyalarında difraksiya üsulu əsasında mayələrin struktur dəyişikliklərini təyin etməyə imkan verən Nu-2E tipli elektron mikroskopundan istifadə etməklə, onlarda baş verən fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlər tədqiq olunmuşdur.

Şəkil 1-3-də isə “Muradxanlı” İNM-nin Cəfəri sahəsinin 28, 34, 36, 37, 43 sayılı quyularının işlədiyi çəndən götürülmüş 52% sulaşmaya malik qarışıq neft nümunəsinin qumsuz və $d=0,1$ mm fraksiyalı müxtəlif ($C=0,5; 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 7$ %) çəki faizlərində qum qatmaqla əldə olunan su-neft-qum qarışığının $t=20^{\circ}\text{C}$ -də “Reotest-2” viskozimetrlində sınaqlardan əvvəl və sonra çəkilməmiş mikroskopik slaydları verilmişdir.

Slaydlardan görüldüyü kimi, çoxkomponentli neft-su qum qarışığının mikroskopik quruluşu təkcə suyun və qumun miqdarından asılı olaraq deyil, həm də reotest sınağından

sonra xeyli dəyişmiş olur.

Laboratoriya şəraitində həmçinin $t=20^{\circ}\text{C}$ -də “Muradxanlı” İNM-nin qarışıqsız (qum hissəcikləri qatılmadan) və $d=0,1$ mm fraksiyalı müxtəlif qatılıqlarda ($C=0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0$ %) qum qatmaqla əldə olunan çoxkomponentli su-neft-qum qarışığının 52, 60, 70, 80% sulaşma dərəcələrində reoloji göstəriciləri “Reotest-2” viskozimetrlində öyrənilmiş və alınan rotoviskozimetrik göstəricilər uyğun olaraq cədvəl 1-4-də verilmişdir.

Həmin cədvəllər əsasında çoxkomponentli su-neft-qum qarışıqlı sistemlərinə qumun müxtəlif faizləri və sulaşma dərəcələri üçün qurulmuş $\tau=f(\gamma)$ axma əyrilərinin təhlili göstərilmişdir ki, sulaşma dərəcəsi və qumun miqdarından asılı olaraq anomal çoxkomponentli sistemlərin reologiyası əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir, su ilə doyma həddində isə (80% sulaşma olduqda) axma əyrilərində qeyri-monotonluq və strukturca dayanıqsızlıq müşahidə olunur (şəkil 4).

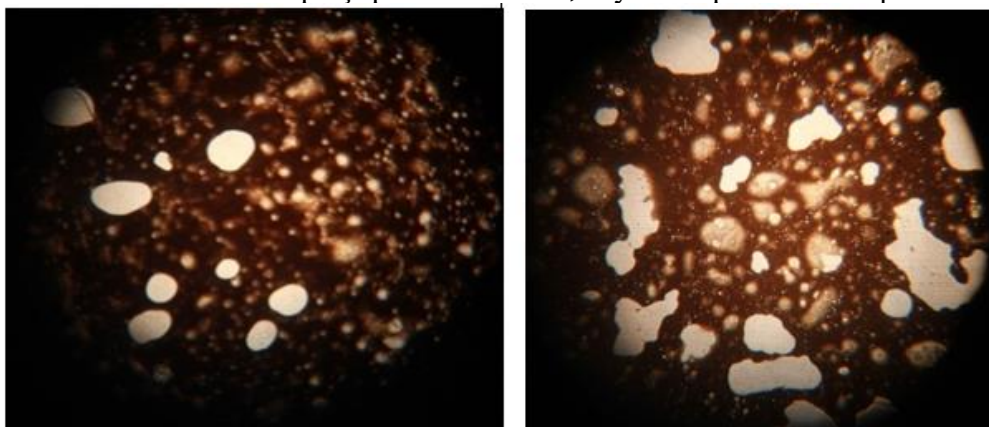
Bu hal həm qum olanda, həm də qumsuz su-neft sistemlərində baş verir.

Laboratoriya şəraitində su-neft sistemlərinin reoloji xassələrinə müxtəlif qum fraksiyalarının təsiri öyrənilmiş və sistemin effektiv özlülüyünün dənəvər elementin (qumun) miqdarından qeyri-monoton asılılığı, neftin su ilə doyma həddi – 80% sulaşma istisna olmaqla müəyyən edilmişdir (şəkil 5, 6).

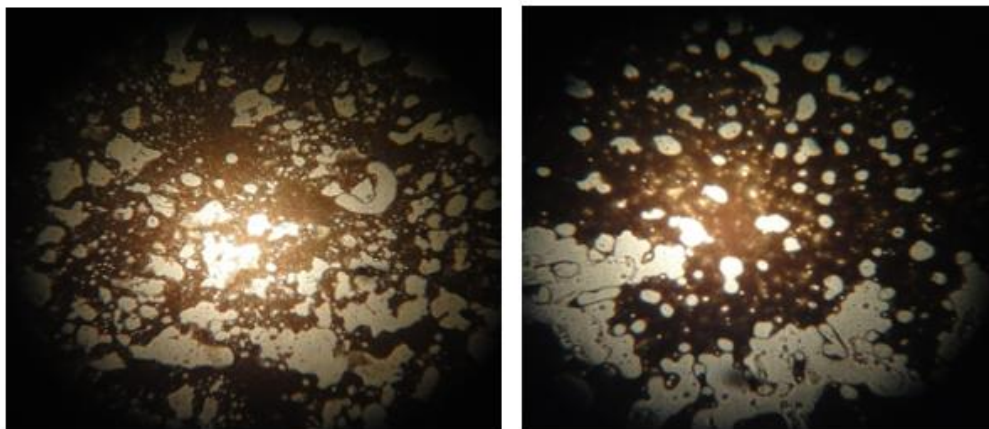
Şəkil 5 və 6-dan görüldüyü kimi, neft-su-qum qarışıqlarının effektiv özlülüyünün qumun qatılığından (kütlə %) asılı olaraq dəyişməsinə heterogen qarışığın sulaşma dərəcəsi əhəmiyyətli dərəcədə həm keyfiyyət, həm də kəmiyyətə təsir göstərir.

“Reotest” sınağından əvvəl – “Reotest” sınağından sonra

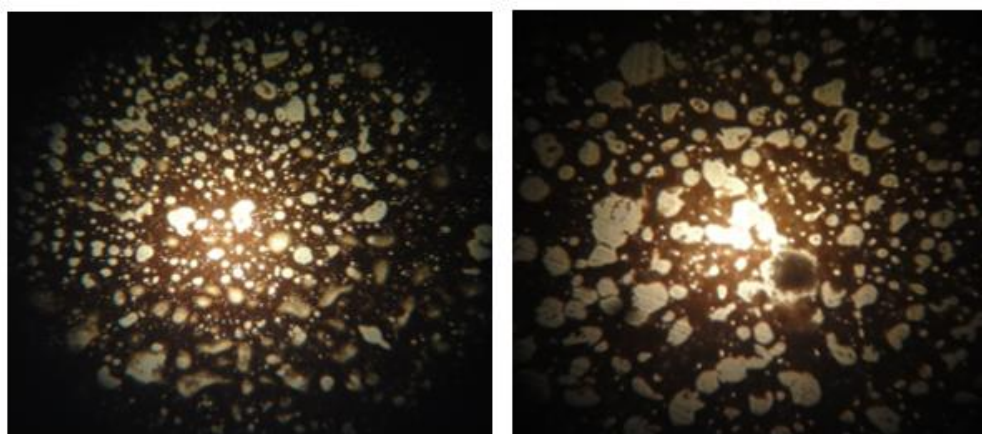
”Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 % - qumsuz



“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm - 0.5%



“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm - 1,0%

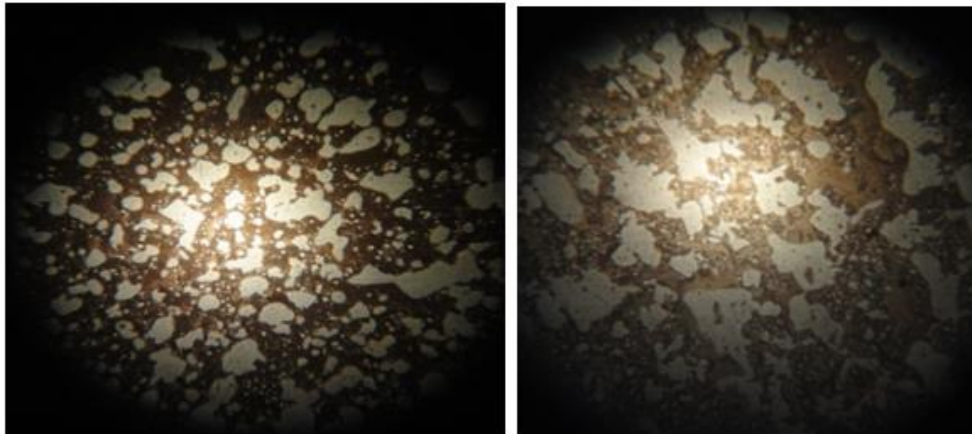


Şəkil 1 – Coxkomponentli neft-su-qum nümunəsinin “Reotest” sınağından əvvəl və sonra mikroskopik slaydları (qumsuz, 0,5; 1,0% qum qatmaqla)

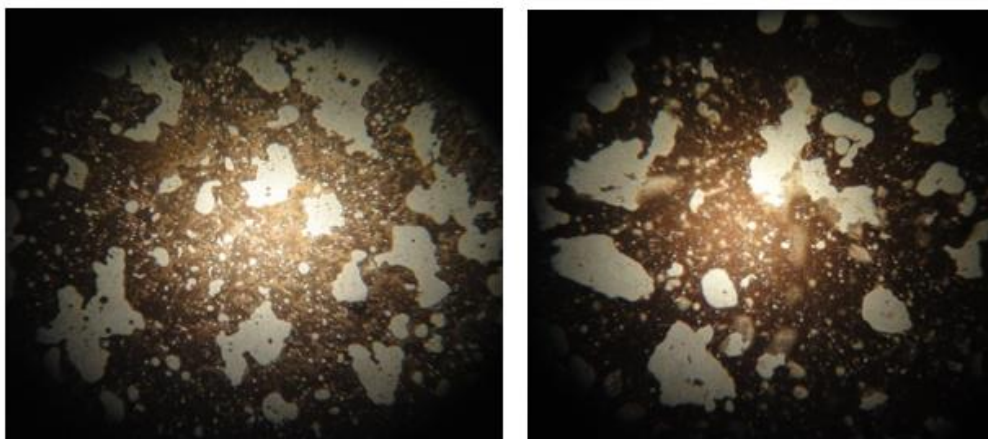
Figure 1 – Microscopic slides of the multicomponent oil-water-sand sample before and after the “Rheotest” test (without sand, with 0.5%; 1.0% sand addition)

“Reotest” sınağından əvvəl – “Reotest” sınağından sonra

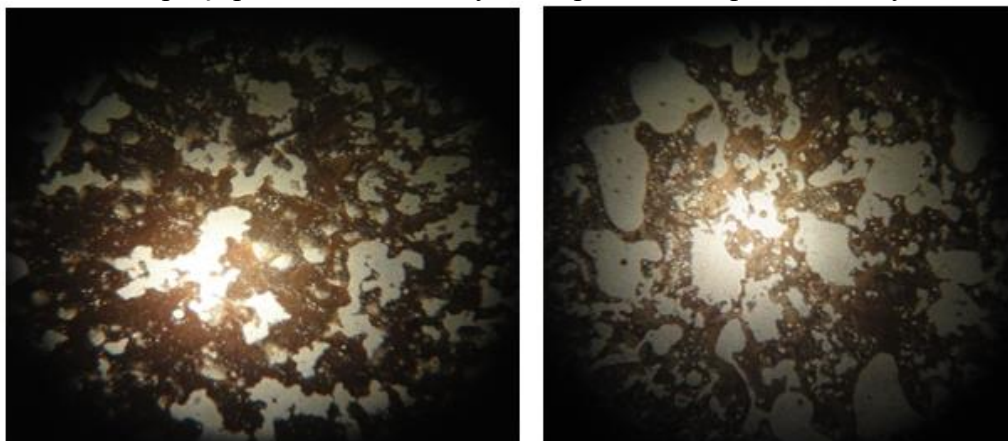
“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm - 1,5%



“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm - 2,0%



“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm - 3,0%

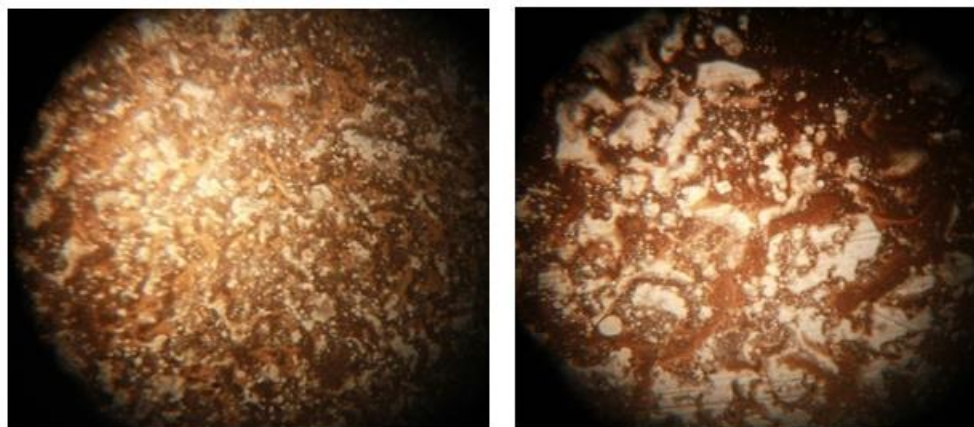


Şəkil 2 – Coxkomponentli neft-su-qum nümunəsinin “Reotest” sınağından əvvəl və sonra mikroskopik slaydları (1,5;2,0;3,0% qum qatmaqla)

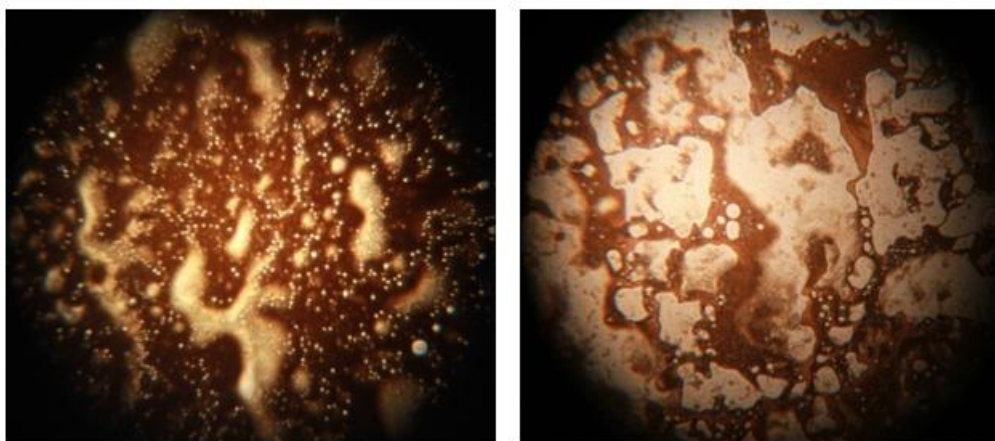
Figure 2 – Microscopic slides of the multicomponent oil-water-sand sample before and after the "Rheotest" test (with the addition of 1.5, 2.0, 3.0% sand)

“Reotest” sınağından əvvəl – “Reotest” sınağından sonra

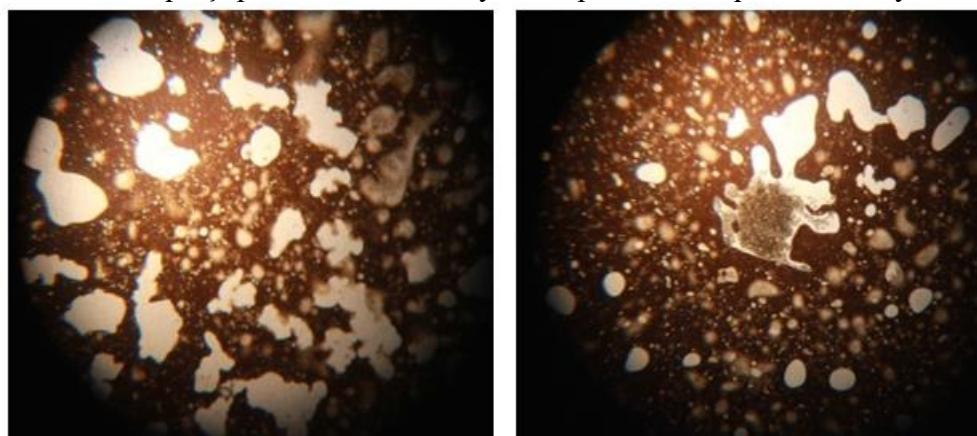
“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm - 5%



“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm, 6%



“Muradxanlı” İNM qarışıq neft nümunəsi, suyun miqdarı 52 %, qumun fraksiyası 0,1mm, 7%



Şəkil 3 – Coxkomponentli neft-su nümunəsinin “Reotest” sınağından əvvəl və sonra mikroskopik slaydları (5; 6; 7% qum qatmaqla)

Figure 3 – The microscopic slides of multicomponent oil-water sample before and after “Rheotest” test (5; 6; 7% adding sand)

Cədvəl 1 a, b – “Muradxanlı” İNM-nin qarışıq nefti üçün 52 % ilkin sulaşmada $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də qumsuz və $d=0,1\text{mm}$ fraksiyalı müxtəlif ($C=0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0\%$) faizlərdə qum qatmaqla əldə olunan su-neft-qum qarışığının reoloji göstəriciləri

Table 1 a, b – Rheological parameters of the mixed oil of "Muradkhanli" at 52% initial water-cut at $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ without sand and the water-oil-sand mixture obtained by adding sand in percentages (5; 3.0; 3.5; 4.0; 5.0; 6.0; 7.0 %) with $d= 0.1\text{ mm}$ fraction

a)

Sürət qradienti, γ, s^{-1}	qumsuz		0.5%		1.0%		1.5%		2.0%		2.5%	
	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$
0,3333	0.506	1.517	26.976	80.936	37.935	113.82	34.985	104.96	43.836	131.52	27.398	82.201
0,6	0.674	1.124	34.563	57.605	47.208	78.68	42.15	70.25	50.58	84.3	36.249	60.415
1,0	0.843	0.843	44.679	44.679	54.795	54.795	55.638	55.638	61.539	61.539	45.522	45.522
1,8	1.096	0.609	51.423	28.568	62.382	34.657	69.969	38.872	73.341	40.745	53.531	29.739
3,0	1.349	0.449	60.696	20.232	67.44	22.48	77.556	25.852	80.085	26.695	61.118	20.373
5,4	1.686	0.312	73.341	13.582	76.4	14.148	80.22	14.856	87.86	16.27	75.87	14.05
9,0	2.95	0.328	76.4	8.4889	99.32	11.036	87.86	9.7622	106.96	11.884	80.22	8.9133
16,2	5.479	0.338	103.14	6.3667	126.06	7.7815	114.6	7.0741	137.52	8.4889	103.14	6.3667
27,0	9.273	0.343	129.88	4.8104	156.62	5.8007	137.52	5.0933	171.9	6.3667	133.7	4.9519
48,6	16.017	0.329	171.9	3.537	206.28	4.2444	183.36	3.7728	191	3.93	175.72	3.6156
81,0	24.869	0.307	217.74	2.6881	248.3	3.0654	236.84	2.924	233.02	2.8768	225.38	2.7825
145,8	40.043	0.274	290.32	1.9912	328.52	2.2532	313.24	2.1484	282.68	1.9388	282.68	1.9388

b)

Sürət qra- diyenti, γ, s^{-1}	3.0%		3.5%		4.0%		5.0 %		6.0 %		7.0 %	
	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$
0,3333	36.249	108.76	28.662	85.995	29.505	88.524	16.86	50.585	14.331	42.997	10.116	30.351
0,6	45.522	75.87	33.72	56.2	35.406	59.01	21.075	35.125	17.703	29.505	10.959	18.265
1,0	55.638	55.638	39.621	39.621	46.365	46.365	24.026	24.026	21.075	21.075	11.802	11.802
1,8	65.754	36.53	46.365	25.758	53.109	29.505	28.662	15.923	25.29	14.05	13.067	7.2592
3,0	76.713	25.571	57.324	19.108	60.696	20.232	30.77	10.257	28.662	9.554	16.439	5.4795
5,4	76.4	14.148	69.969	12.957	72.498	13.426	36.249	6.7128	34.563	6.4006	21.075	3.9028
9,0	95.5	10.611	80.085	8.8983	81.771	9.0857	44.679	4.9643	42.993	4.777	26.133	2.9037
16,2	122.24	7.5457	99.32	6.1309	95.5	5.8951	52.688	3.2523	50.58	3.1222	34.142	2.1075
27,0	152.8	5.6593	126.06	4.6689	114.6	4.2444	59.853	2.2168	57.324	2.1231	43.836	1.6236
48,6	191	3.93	168.08	3.4584	145.16	2.9868	72.498	1.4917	67.44	1.3877	60.275	1.2402
81,0	244.48	3.0183	217.74	2.6881	198.64	2.4523	84.04	1.0375	78.399	0.9679	79.242	0.9783
145,8	282.68	1.9388	282.68	1.9388	259.76	1.7816	110.78	0.7598	95.5	0.655	99.32	0.6812

Cədvəl 2 – “Muradxanlı” İNM-nin qarışıq nefti üçün 60 % sulaşmada $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də qumsuz və $d=0,1\text{ mm}$ fraksiyalı müxtəlif ($C=0,5; 1,0; 1,5; 2,0\text{ \%}$) faizlərdə qum qatmaqla əldə olunan su- neft-qum qarışığının reoloji göstəriciləri

Table 2 – Rheological parameters of the mixed oil of "Muradkhanli" at 60% initial water-cut at $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ without sand and the water-oil-sand mixture obtained by adding sand in percentages ($C=0,5; 1,0; 1,5; 2,0\text{ \%}$) with $d=0.1\text{ mm}$ fraction

Sürət qradiyenti, γ, s^{-1}	Qumsuz		0,5 %		1 %		1,5 %		2 %	
	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$
0,3333	1.0116	3.0351	4.215	12.646	2.529	7.5878	3.372	10.117	3.372	10.117
0,6	1.686	2.81	5.058	8.43	3.7935	6.3225	3.7935	6.3225	5.058	8.43
1,0	2.1075	2.1075	6.744	6.744	5.4795	5.4795	5.058	5.058	7.587	7.587
1,8	3.372	1.8733	7.587	4.215	7.1655	3.9808	6.744	3.7467	10.116	5.62
3,0	5.4795	1.8265	8.0085	2.6695	10.538	3.5125	8.0085	2.6695	12.224	4.0745
5,4	8.43	1.5611	10.538	1.9514	15.174	2.81	11.802	2.1856	16.439	3.0442
9,0	12.645	1.405	16.86	1.8733	22.761	2.529	16.017	1.7797	21.918	2.4353
16,2	18.546	1.1448	20.232	1.2489	32.877	2.0294	24.447	1.5091	29.505	1.8213
27,0	28.662	1.0616	29.505	1.0928	47.63	1.7641	37.935	1.405	42.15	1.5611
48,6	43.836	0.902	45.522	0.9367	70.812	1.457	58.167	1.1969	59.01	1.2142
81,0	64.068	0.791	68.283	0.843	91.68	1.1319	81.771	1.0095	80.928	0.9991
145,8	84.04	0.5764	99.32	0.6812	137.52	0.9432	114.6	0.786	106.96	0.7336

Cədvəl 3 – “Muradxanlı” İNM-nin qarışıq nefti üçün 70 % sulaşmada $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də qumsuz və $d=0,1\text{ mm}$ fraksiyalı müxtəlif ($C=0,5; 1,0; 1,5\text{ \%}$) faizlərdə qum qatmaqla əldə olunan su-neft-qum qarışığının reoloji göstəriciləri

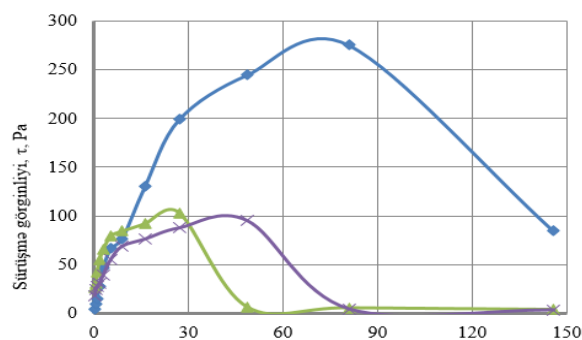
Table 3 – Rheological parameters of the mixed oil of "Muradkhanli" at 70% initial water-cut at $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ without sand and the water-oil-sand mixture obtained by adding sand in percentages ($C=0,5; 1,0; 1,5\text{ \%}$) with $d=0.1\text{ mm}$ fraction

Sürət qradiyenti, γ, s^{-1}	Qumsuz		0,5 %		1 %		1,5 %	
	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$
0,3333	2.1075	6.3231	5.901	17.705	3.372	10.117	2.529	7.5878
0,6	3.7935	6.3225	8.43	14.05	4.6365	7.7275	3.7935	6.3225
1,0	4.6365	4.6365	11.802	11.802	5.901	5.901	5.4795	5.4795
1,8	6.3225	3.5125	16.86	9.3667	7.1655	3.9808	7.587	4.215
3,0	9.273	3.091	23.604	7.868	9.273	3.091	8.8515	2.9505
5,4	13.488	2.4978	33.72	6.2444	14.331	2.6539	11.802	2.1856
9,0	20.232	2.248	42.993	4.777	21.075	2.3417	16.86	1.8733
16,2	32.034	1.9774	58.167	3.5906	31.191	1.9254	25.29	1.5611
27,0	46.365	1.7172	75.87	2.81	44.679	1.6548	38.778	1.4362
48,6	70.812	1.457	91.68	1.8864	65.754	1.353	54.795	1.1275
81,0	91.68	1.1319	103.14	1.2733	80.22	0.9904	72.498	0.895
145,8	129.88	0.8908	129.88	0.8908	103.14	0.7074	91.68	0.6288

Cədvəl 4 – “Muradxanlı” İNM-nin qarışıq nefti üçün 80 % sulaşmada $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də qumsuz və $d=0,1\text{ mm}$ fraksiyalı müxtəlif ($C=0,5; 1,0\text{ } \%$) faizlərdə qum qatmaqla əldə olunan su-neft-qum qarışığının reoloji göstəriciləri

Table 4 – Rheological parameters of the mixed oil of "Muradkhanli" at 80% initial water-cut at $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ without sand and the water-oil-sand mixture obtained by adding sand in percentages ($C=0,5; 1,0\text{ } \%$) with $d=0.1\text{ mm}$ fraction

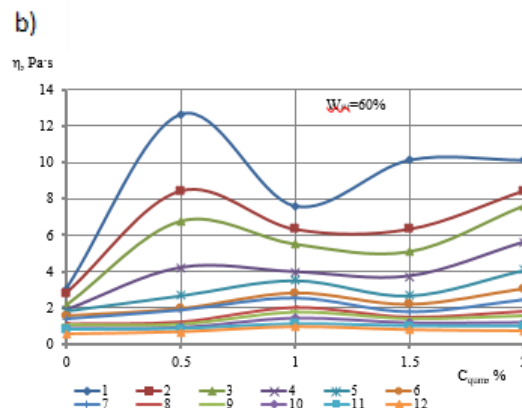
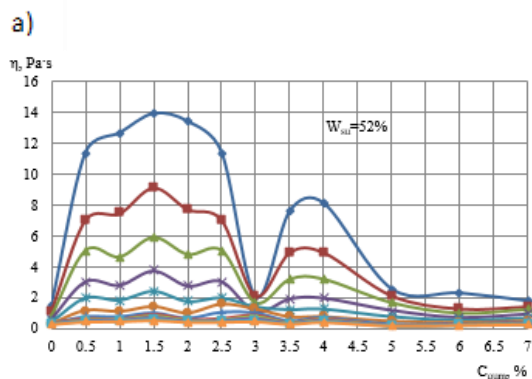
Sürət qradienti, γ, s^{-1}	Qumsuz		0,5 %		1 %	
	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$	Sürüşmə gərginliyi, τ, Pa	Özlülük, $\eta, \text{Pa}\cdot\text{s}$
0,3333	5.058	15.176	18.546	55.644	26.976	80.936
0,6	10.116	16.86	24.447	40.745	31.191	51.985
1,0	15.174	15.174	27.819	27.819	42.15	42.15
1,8	27.819	15.455	31.191	17.328	54.795	30.442
3,0	47.208	15.736	39.621	13.207	65.754	21.918
5,4	66.597	12.333	55.638	10.303	79.242	14.674
9,0	76.4	8.4889	69.126	7.6807	84.04	9.3378
16,2	129.88	8.0173	76.4	4.716	91.68	5.6593
27,0	198.64	7.357	87.86	3.2541	103.14	3.82
48,6	244.48	5.0305	95.5	1.965	6.744	0.1388
81,0	275.04	3.3956	4.215	0.052	5.901	0.0729
145,8	84.04	0.5764	3.372	0.0231	4.215	0.0289



Şəkil 4 – Su-neft-qum qarışığı üçün sürüşmə gərginliyinin sürət qradientindən asılılıq ayrılıqları ($W=80\text{ } \%$, $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

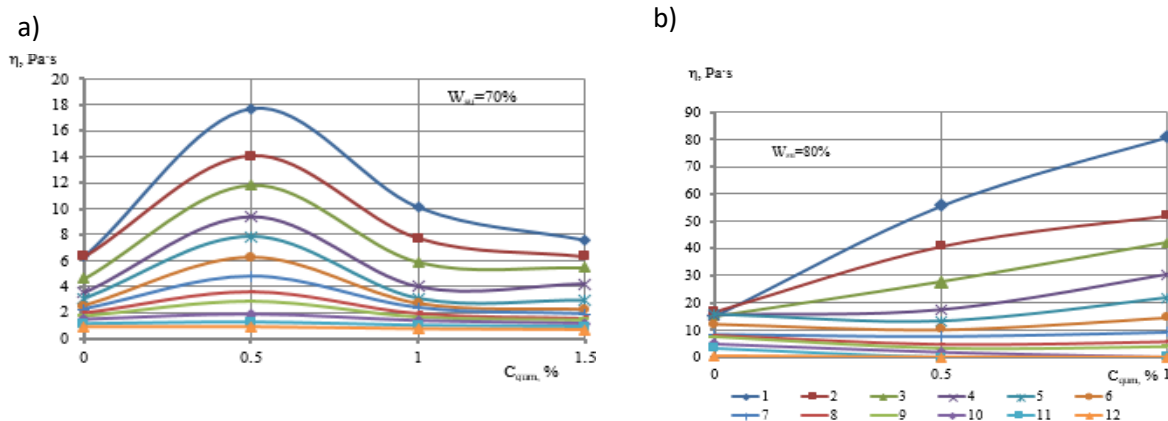
Figure 4 – Dependence curves of shear stress on velocity gradient for water-oil-sand mixture ($W=80\text{ } \%$, $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$\gamma = 0.333; 0.6; 1; 1.8; 3; 9; 16.2; 27; 48.6; 81$
və 145.8 s^{-1} olduqda



Şəkil 5 a, b – Su-neft-qum qarışığı üçün özlülüynün qatılan qumun faizindən asılılıqları ayrılıqları ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Figure 5 a, b – Curves of dependence of viscosity on percentage of added sand for water-oil-sand mixture ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$)



$1 \div 12 \cdot \dot{\gamma} = 0.333; 0.6; 1; 1.8; 3; 9; 16.2; 27; 48.6; 81$ və 145.8 s^{-1} olduqda

Şəkil 6 a, b – Su-neft-qum qarışığı üçün özlülüyün qatılan qumun faizindən asılılığı əyriləri ($t=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
Figure 6 a, b – Curves of dependence of viscosity on percentage of added sand for water-oil-sand mixture ($t=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Nəticə

Neftlərin istehsalı, yığımı, hazırlanması və nəqli sisteminin səmərəliliyinin artırılması və baş verən əlavə enerji xərclərinin azaldılması üçün müxtəlif neftlərin bir-biri ilə, həmçinin qumla (mexaniki hissəciklərlə) qarışması və sulaşması kimi amillərin nəzərə alınması və onların reoloji, fiziki-kimyəvi

tədqiq olunması, həmçinin mövcud hidravliki meyarların dəqiqləşdirilməsi çox vacibdir.

Maraqlar münaqişəsi

Müəlliflər bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olduğunu qeyd edirlər.

REFERENCES

1. Qumbatov Q.Q. İzuçeniya prosessa sbora, transporta i podqotovki neftey v usloviyax morskix mestorojdeniy Azerbaydjana. Baku, Elm, 1996, 240 s.
2. Lutoşkin Q.S. Sbor i podqotovka nefte, qaza i vodi. Moskva, "Nedra", 1987, 183s.
3. İsmayılov Q.Q. Neftqazçıxarmada multifazalı texnologiyalar. Azərbaycan Neft Təsərrüfatı jurnalı, №8. Bakı, 2020, s. 42-46
4. Mirzadzanzade A.X., Ametov İ.M., Entov V.M., Rujik V.M. Reologičeskiye problemi nefte-qazootdaçı, Moskva, 1986, 53s.
5. İsmayılov F.S., İsmayılov Q.Q., Safarov N.M. O vozmojnosti regulirovaniya reofizičeskih svoystv mnogoqkomponentnıx smesi na osnove reotexnologii. SOCAR PROCEEDINGS №1 (2022), p. 77-83.
6. İsmayılov Q.Q., Adıgözəlova M.B., İsmayılova F.B., Zeynalova G.A. Ballastların neft qarışıqlarının makroskopik parametrlərinə təsirinin tədqiqi. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, cild 12, №1, 2020 s. 51-59