

## MAYENİN İSLATMA VƏ SÜXURUN İSLANMA QABLIYYƏTLƏRİNİN KARBOHİDROGENLİ MAYELƏRİN KAPİLLYAR SİXİŞDIRMA MEXANİZMİNƏ TƏSİRİ

R.Ə.Musayev, F.H.Kərimova, Ş.M.Əliyeva

*Azərbaycan MEA Geologiya İnstitutu  
AZ1143, Bakı, H.Cavid prospekti 29A*

Məqalədə xarici səthləri hidrofilyar və hidrofob karbonatlı süxurlardan düzəldilmiş modellərdən karbohidrogenli mayelərin müxtəlif islatma qabliyyətinə malik suda həll olan səthi-fəal maddə məhlulları ilə düz və əks-axımlı kapilyar sıxışdırma mexanizmi tədqiq edilmişdir. Bu maddə məhlullarının kerosin və Günəşli neftinin səthi-gərilmə əmsalı qiymətlərinə və süxur səthini islatma qabliyyətlərinə təsiri amilləri də öyrənilmişdir.

Neft sənayesinin inkişafında layların neft veriminin artırılması əsas problemlərdən biridir. Məlumdur ki, məsaməli mühitdə neft və suyun birlikdə hərəkətinə kapilyar qüvvələrin böyük təsiri vardır. Süxur tərkibindən asılı olaraq məsaməli mühitin səthi ya hidrofilyar və yaxud da hidrofob xüsusiyyətli ola bilər (Абасов и др., 2004).

Hidrofilyar xüsusiyyətli kvarts qumunun səthi su ilə, bunun əksinə olaraq, karbonatlı süxur səthi isə neftlə yaxşı islanılır (Мусаев и др., 1998).

Layların işlənməsi prosesində məsaməli mühiti təşkil edən qum dənəciklərinin səthi hidrofilyar olduqda neft və suyun təzyiqlər fərqi kapilyar təzyiqlə bərabər olur (Сургучев, 1965). Kapilyar təzyiqlərin ( $P_k$ ) su ilə doymadan ( $S$ ) asılılığı aşağıdakı tənliklə xarakterizə oluna bilər:

$$P_k(S) = P_H - P_{su} = \frac{2\sigma \cos \theta}{k/m} J(S)$$

$P_H$  və  $P_{su}$  müvafiq olaraq neft və suya olan təzyiqlər;  $m$  və  $k$ -məsaməlik və keçiricilik;  $\sigma$  - fazalar arasındakı səthi gərilmə;  $\theta$ -məsaməli mühitin su ilə islanma bucağı;  $J(S)$ -Leveret funksiyası.

Hidrofob xüsusiyyətli sahə səthi neftlə damla və yaxud linzavari örtüklə örtülmüş olur (Мусаев и др., 1999). Təbii lay şəraitində, yəni xaricdən heç bir hidrodinamik təsir olmadıqda neft və suyun miqrasiyası ancaq kapilyar qüvvələrin təsiri ilə mümkündür.

Neft yataqlarının işlənməsi şəraitində yaranan kapilyar təzyiqlə neftin, qazın və eləcə də suyun məsaməli mühitdə hərəkət dinamikasına əhəmiyyətli təsir göstərir. Neftin su ilə kapilyar sıxışdırılması bir çox tədqiqatçılar tərəfindən

öyrənilmişdir (Абасов и др., 1987; Мусаев и др., 2004). Bu prosesin aktivliyi müntəzəm və dəyişgən olur (Сургучев, 1965). Məsaməli mühitə hopmuş qalıq neft hissəciklərinin kapilyar təzyiqlərin yaratdığı hərəkətedici qüvvənin təsiri ilə su ilə yuyularaq sərbəst vəziyyətə keçməsi amili (Мусаев и др., 1995) işdə aşkar edilmişdir.

Tahirov N.C. və b. (1968) işində göstərilmişdir ki, məsaməli mühitin istənilən maye ilə doyurulmasından asılı olmayaraq yüksək temperatur şəraitində antipolyar maye ilə kapilyar sıxışdırılması mövcuddur. Karbohidrogenli mayelərin və müxtəlif reagent məhlullarının yüksək temperatur şəraitində məsaməli mühitdən vertikal və horizontal kapilyar sıxışdırılmasına hidrogen göstəricisinin ( $pH$ ) təsiri də mövcuddur.

Layda baş verən səthi-molekulyar qüvvələrin neftin su ilə kapilyar sıxışdırma mexanizminə təsiri M.T.Abasov və b. (1982) işində tədqiq edilmişdir.

Kapilyar qüvvələr, neft yataqlarının səthi-fəal maddə, qələvi, turşu və başqa kimyəvi reagent məhlulları ilə işlənməsi zamanı özünü daha çox büruzə verir.

Bununla əlaqədar laboratoriya tədqiqatları aparılmış və suda həll olan ionlaşmayan hidrofilyar (Slovasol-A) və hidrofob (Slovasol-B) səthi-fəal maddələrdən istifadə edilmişdir. Bu maddələrin şirin suda məhlulları 0-2% qatılıqlarda hazırlanmışdır. Hazırlanmış məhlulların polyar hissəciklərdən təmizlənmiş kerosin və Günəşli nefti (X horizont) sərhədlərində səthi gərilmə qiymətləri staloqrometrik üsulla təyin edilmişdir (cədvəl).

İstifadə edilmiş neftin adi şəraitdə sıxlığı  $860 \text{ kq/m}^3$ , özlülüyü  $30 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , şirin su sərhədində səthi gərilmə qiyməti  $25 \text{ mN/m}$  olaraq, tərkibi

bində 0,5% naften turşusu, 8% qatran, 0,08% azotlu birləşmələr və 1,8% parafin vardır.

Cədvəldə verilmiş tədqiqat nəticələrinin təhlili göstərir ki, hidrofil xarakterli Slovasol-A səthi-fəal maddəsinin məhlulları karbohidrogenli mayelər sərhədində səthi-gərilmə qiymətlərini, hidrofob xarakterli Slovasol-B məhlullarına nisbətən daha çox aşağı salır.

Səthi-gərilmə qiymətlərinin intensiv aşağı düşməsi 0,1-0,15%-li məhlul qatılıqlarına kimi davam edir. Guman etmək olar ki, bu qatılıqdan sonra məhlulda olan səthi-fəal maddə molekulları birləşərək miqsel vəziyyətinə keçir və səthi gərilmə qiymətinin azalmasına praktiki olaraq heç bir təsir göstərmir (Шинода и др., 1966).

Qeyd etmək lazımdır ki, səthi-fəal maddə məhlulunun ilk fəallığı nə qədər çox olarsa, tədbiqi bir o qədər səmərəli olar. Maddə məhlulunun ilk səthi fəallığı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilə bilər:

$$g = \frac{d\sigma}{dc} = \frac{\sigma_0 - \sigma_c}{c}$$

g-səthi fəallıq,  $\frac{mN/m}{mg/l}$ ;

$\sigma_0$  - şirin suyun karbohidrogenli maye sərhədində səthi gərilmə qiyməti, mN/m;

$\sigma_c$  - kiçik qatılıqlı məhlulun karbohidrogenli maye sərhədində səthi gərilmə qiyməti, mN/m;

c - səthi-fəal maddə məhlulunun qatılığı, mq/l.

Bu yönümdən hidrofillaşdırma qabliyyəti-

nə malik olan Slovasol-A səthi-fəal maddəsinin kerosin sərhədində ilk 0,0205 fəallığı Slovasol-B maddəsinə (0,0102) nisbətən iki dəfə çoxdur.

Tərkibində təbii fəal komponentlər olan xam neft sərhədində isə bu maddə məhlullarının ilk səthi fəallığı əhəmiyyətli dərəcədə azalır (Slovasol-A-0,0103, Slovasol-B-0,004).

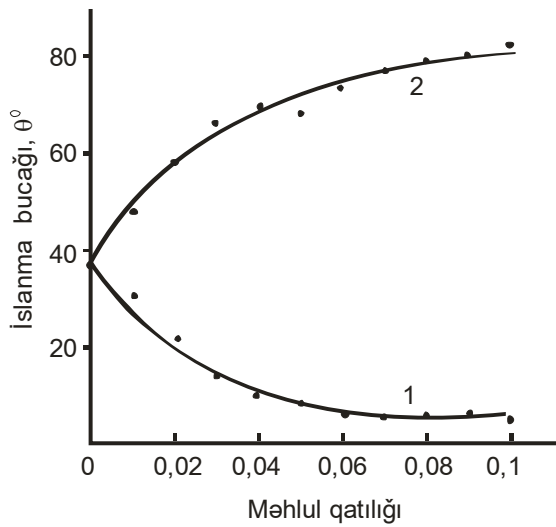
Bu maddə məhlullarının polyar fəal hissəciklərdən təmizlənmiş kerosin daxilindəki kvars lövhəciyinin şirin su və müxtəlif qatılıqlı səthi-fəal maddə məhlulları ilə islanma bucaqları təyin edilmişdir (1-ci şəkil). Belə ki, Slovasol-A səthi-fəal maddə məhlulunun qatılığı şirin suda artdıqca kerosin daxilində qoyulmuş kvars lövhəsi səthinin su ilə islanma qabliyyəti yaxşılaşır (əyri 1). Slovasol-A su məhlulunun 0,08-0,1 qatılığında islanma bucağı qiyməti 36°-dən 5°-yə düşür. Bu məhlul qatılığından sonra isə islanma bucağı qiyməti, praktiki olaraq, sabit qalır. Birinci şəkildə göstərilmiş əyri 2-dən aydın olur ki, Slovasol-A maddəsinin əksinə olaraq Slovasol-B maddə məhlulları kvars lövhəsi səthinin su ilə islanmasını pisləşdirir. Məhlulun 0,04-0,08 qatılığında suya görə islanma bucağı 36°-dən 70-80°-yə kimi yüksəlir. Praktiki olaraq maksimal hidrofillaşma 0,25%-li məhlul qatılığında baş verir.

Kapilyar sıxışdırma tədqiqatlarını aparmaq üçün düz və əksaxımlı modellərdən istifadə edilmişdir.

Düzaxımlı kapilyar məsaməli mühit modelini düzəltmək üçün uzunluğu 40 sm, diametri 3 sm şüşə lay modelləri kvars qumu və yaxud döyülmüş əhəngdaşı ilə doldurulmuşdur. Modelin hər iki başına xüsusi başlıqlar taxılmışdır.

#### Səthi-gərilmə qiyməti, mN/m

Məhlulların qatılığı, %	Slovasol A		Slovasol B	
	Kerosin sərhədində	Günəşli nefti sərhədində	Kerosin sərhədində	Günəşli nefti sərhədində
00	47,3	25,0	47,3	25,0
0,01	23,5	12,2	35,0	21,6
0,025	14,7	12,0	32,0	20,0
0,05	10,8	7,8	29,0	19,6
0,1	8,3	6,8	24,5	18,6
0,15	7,8	6,4	21,3	18,4
0,2	7,2	6,1	19,0	18,2
0,25	6,8	5,9	17,1	18,1
0,5	5,4	4,7	9,8	17,1
1,0	4,4	3,9	6,3	15,6
2,0	3,9	2,8	5,2	12,0



**1-ci şəkil.** İslanma bucağının məhlul qatılığından asılılığı  
1 - Slovasol A məhlulları  
2 - Slovasol B məhlulları

Qeyd etmək lazımdır ki, karbonatlı neft tutumlu laydakı süxurlar kvars qumuna nisbətən neftlə daha yaxşı islanır. Buna görə neftli lay məsaməli mühitində karbonatlı süxurların miqdarı artdıqca neftin bərk səthlə adqəziya qüvvəsi artır və nəticədə sərbəst neft damlasının hərəkəti pisləşir (Муцаев и др., 1999).

Səthi hidrofob tipli mühitdə neftin daha kiçik diametrlili kapillyarlara daxil olması nəticəsində neftə görə faza keçiriciliyi yüksək, suya görə isə kiçik olur (Муцаев и др., 1998).

Hazırlanmış modellərin orta məsaməliyi 28%, keçiriciliyi isə 2,0 mkm<sup>2</sup> təşkil etmişdir. Modelin məsaməli mühitində olan hava sorucu nasos vasitəsilə azad edilmiş, neftlə doydurulmuş və təcrübələr tam horizontal vəziyyətdə aparılmışdır. Məsaməli mühitdən sıxışdırılan mayeni ölçmək üçün xüsusi ölçülü sifonlu silindirdən istifadə edilmişdir.

Təcrübəyə hazırlanmış modellərdən Günəşli yatağının X horizontunun nefti şirin su, 0,1%-li Slovasol-A və Slovasol-B məhlulları ilə hidrodinamik təzyiqlər fərqi olmadan düz axımla yaranan kapillyar qüvvələrlə sıxışdırılmışdır. Tədqiqat nəticələri əsasında qurulmuş kapillyar neft-sıxışdırma əmsalının zamandan asılılıq əyriləri 2-ci və 3-cü şəkillərdə verilmişdir. İkinci şəkillərdəki əyrilərin təhlili göstərir ki, kvars qumu ilə doldurulmuş modeldən neftin kapillyar sıxışdırma əmsalının 0,3 qiyməti şirin su ilə 250 saatdan sonra alınır. Qeyd edək ki, neftin intensiv kapillyar sıxışdırma dövrü 150 saata kimi davam edir. Bu dövr ərzində neft-sıxışdırma əmsalının qiyməti 0,25-ə çatır. Son-

rakı 100 saat ərzində isə kapillyar neft-sıxışdırma əmsalı yalnız 0,05 miqdarında artır.

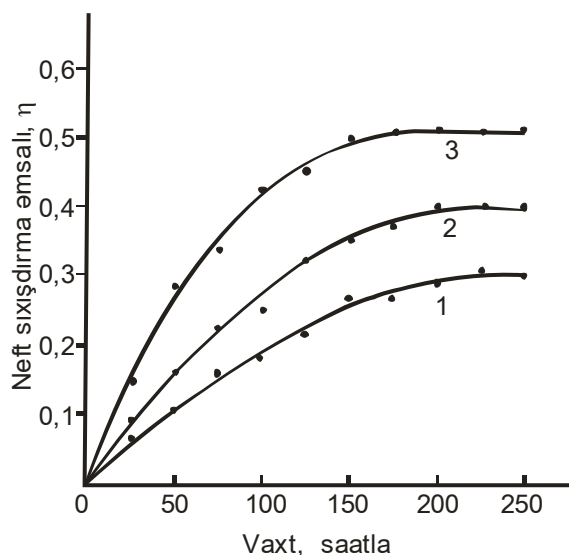
Eyni şəraitdə maksimal kapillyar neft-sıxışdırma əmsalı 0,5 (əyri 3) 150 saat müddətində 0,1%-li Slovasol-A məhlulunun tədbiqi ilə alınmışdır.

Slovasol-B səthi-fəal maddəsinin 0,1%-i şirin su məhlulu ilə neftin kapillyar sıxışdırılması prosesi (əyri 2) bərabər artımlı olmaqla 50 saat ləng gedir. Maksimal (0,4) kapillyar neft-sıxışdırma əmsalı 200 saat müddətində alınmışdır. Bu qiymət təmiz şirin su ilə sıxışdırma əmsalına nisbətən 10% çoxdur. Slovasol-A səthi-fəal maddə məhlulunun əlavə olaraq 10% artıq neft-sıxışdırma qabiliyyəti onun modelin neftlə doymuş məsamələrinə kapillyar qüvvələrin təsiri ilə intensiv daxil olması və süxur səthindən neftin yuyulub sərbəst damla halına keçməsi ilə əlaqədardır.

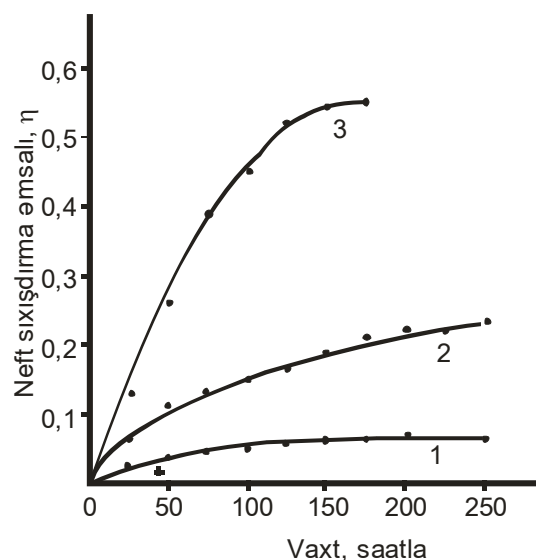
İkinci seriya təcrübələrində karbonatlı süxur nümunələrinə malik olan əhəngdaşının döyülmüş və ələkdən keçirilmiş 0,1mm ölçülü xırda hissəcikləri ilə hazırlanmış təcrübə modelindən istifadə edilmişdir. Təcrübə məlumatları əsasında qurulmuş asılılıq əyriləri 3-cü şəkillərdə verilmişdir. Şəkillərdəki əyrilərin müqayisəsi göstərir ki, səthi kvars qumuna nisbətən hidrofob xarakterli olan karbonatlı süxur məsaməli mühitindən Günəşli yatağı neftinin Slovasol-B maddəsinin 0,1%-li məhlulu ilə 130 saat kapillyar sıxışdırılmasında daha çox neftverimi (0,55) alınır. Bu əmsal kvars qumundan Slovasol-B maddəsinin 0,1%-li məhlulunun kapillyar sıxışdırma əmsalından 15% çoxdur. İkinci şəkillərdə (əyri 2) və 3-cü şəkillərdə (əyri 3) verilmiş əyrilərin müqayisəsi göstərir ki, hidrofoblaşdırma xüsusiyyətinə malik olan məhlul ilə səthi hidrofob yönümlü süxurlardan təşkil olunmuş modeldən neftin kapillyar sıxışdırılması prosesi daha intensiv gedir.

Məlumdur ki, karbonatlı və çatlı layların su-laşdırılmasında əsas faktorlardan biri bloklardan neftin əksaxımlı su ilə kapillyar sıxışdırılmasıdır. Bu şəraiti laboratoriyada tədqiq etmək üçün əhəngdaşından hazırlanmış nümunələrdən istifadə edilmişdir. Neftlə doymuş nümunələr müvafiq olaraq qabaqcadan hazırlanmış 0,1%-li Slovasol-A və Slovasol-B məhlullarına daxil edilməklə əksaxımlı kapillyar sıxışdırma prosesi aparılmışdır. Müqayisə üçün təmiz şirin sudan da istifadə edilmişdir. Əyani şəffaf müşahidə ilə müəyyən olmuşdur ki, əksaxımlı kapillyar sıxışdırılmada məsaməli mühitdən neft damcıları çıxaraq su və yaxud su məhlulları üzərində toplanır. Hər iki saatdan bir toplanan neft miqdarı təyin olunmuşdur. Neftin sıxışdırılması prosesi 6-12 saat davam etmişdir. Bu müddətdən sonra maye səthində neft damlaları müşahidə

edilməmişdir. Alınmış məlumatlar əsasında qurulmuş asılılıq əyriləri 4-cü şəkildə verilmişdir. Əyri-  
lərin təhlili ilə müəyyən edilmişdir ki, şirin suya  
salınmış nümunədən 16 saat müddətində əksaxımlı  
kapilyar sıxışdırma ilə məsaməli mühit neftinin  
30%-i sıxışdırılıb.

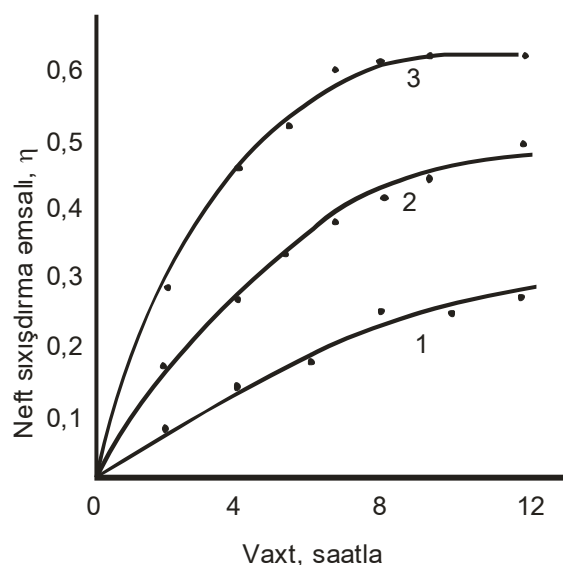


**2-ci şəkil.** Kvars qumundan hazırlanmış modeldən neftin  
düzaxımlı kapilyar sıxışdırma əmsalinin vaxtdan asılılığı  
1 - şirin su  
2 - 0,1%-li Slovasol B məhlulu  
3 - 0,1% Slovasol A məhlulu



**3-cü şəkil.** Döyülmüş əhəngdaşından hazırlanmış modeldən  
neftin düzaxımlı kapilyar sıxışdırma əmsalinin vaxtdan asılılığı  
1 - şirin su  
2 - 0,1% Slovasol A məhlulu  
3 - 0,1%-li Slovasol B məhlulu

Slovasol-A məhlulu daxilində 12 saat ərzində əksaxımlı kapilyar sıxışdırma ilə əlavə olaraq 18% neft alınır. Tədqiqat nəticələrinin təhlili göstərmişdir ki, hidrofoblaşdırma xüsusiyyətinə malik olan Slovasol-B məhlulu daxilində əksaxımlı kapilyar sıxışdırma prosesi daha fəal gedir (əyri 3). Belə ki, karbonatlı süxur hissəciklərindən ibarət olan nümunənin məsaməli mühitindən 6 saat müddətində 60% neft xaric olmuşdur. Buna səbəb məsaməli mühit səthinin və sıxışdırıcı məhlulun hidrofob xassəli olmasıdır.



**4-cü şəkil.** Əhəngdaşından hazırlanmış nümunədən neftin  
əksaxımlı kapilyar sıxışdırma əmsalinin vaxtdan asılılığı  
1 - şirin su  
2 - 0,1% Slovasol A məhlulu  
3 - 0,1%-li Slovasol B məhlulu

### Nəticələr

1. Müəyyən edilmişdir ki, səthi hidrofob yönümlü süxurlardan təşkil olunmuş məsaməli mühitdən hidrofoblaşdırma xüsusiyyətinə malik olan məhlul ilə neftin düzaxımlı sıxışdırılması hidrofily xüsusiyyətli səthə nisbətən daha intensiv gedir. Eyni nəticə əksaxımlı kapilyar sıxışdırmada da müşahidə edilir.
2. Hidrofil səthli məsaməli mühitdən neftin eyni xassəli məhlul ilə düzaxımlı kapilyar sıxışdırma prosesi, hidrofob xassəli məhlulə nisbətən az vaxt ərzində bitməklə yanaşı, maksimal sıxışdırma əməli verir.
3. Tədqiqatlarda istifadə edilmiş hidrofily və

hidrofob xassəli suda həll olan səthi-fəal maddə məhlullarının müxtəlif karbohidrogenli maye sərhədlərindəki səthi-gərilmə əmsalının qiymətləri və onların süxur səthini islatma xüsusiyyətləri təyin edilmişdir.

#### ƏDƏBİYYAT

- АБАСОВ, М.Т., АЛИЯРОВ, Р.Ю. и др. 2004. Смачиваемость пород-коллекторов в процессе разработки залежей. *Нефтяное хозяйство*, 8, 69-71.
- АБАСОВ, М.Т., ТАИРОВ, Н.Д. и др. 1987. Капиллярные явления и нефтеотдача. Элм. Баку. 147.
- АБАСОВ, М.Т., ТАИРОВ, Н.Д. и др. 1982. Исследование в области новых методов повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти. *Изв. АН Азерб. ССР, серия наук о земле*, 36, 93-102.
- МУСАЕВ, Р.А., ГАШИМОВ, А.Ф. 1999. Влияние характеристики смачиваемости пород на остаточную нефтенасыщенность и распределение остаточной нефти. *Тр.ИИГНМ*, Баку, 118-122.
- МУСАЕВ, Р.А., ГАШИМОВ, А.Ф., КЕРИМОВА, Ф.Г. 1995. Влияние характеристики смачиваемости пород на распределение остаточной нефти и фазовую проницаемость. В кн.: *Геологические аспекты разработки залежей*. Баку.
- МУСАЕВ, Р.А., КЕРИМОВА, Ф.Г. 2004. Влияние смачивающей способности вытесняющей жидкости, температуры и глинистости пористой среды на прямоточное капиллярное вытеснение нефти. *Известия НАНА, науки о Земле*, 2, 94-97.
- МУСАЕВ, Р.А., КЕРИМОВА, Ф.Г., ГАШИМОВ, А.Ф. 1998. Влияние смачиваемости породы на фазовую проницаемость. *Известия АН Аз.ССР, науки о Земле*, 2, 64-67.
- СУРГУЧЕВ, М.Л. 1965. Импульсное (циклическое) воздействие на пласт, как метод повышения нефтеотдачи. *Нефтяное хозяйство*, 3, 17-21.
- ТАИРОВ, Н.Д., ВЕЗИРОВ, Д.Ш. и др. 1968. Влияние температуры на противоточное капиллярное вытеснение углеводородных жидкостей водой. *ДАН Азерб. ССР*, 24, 40-43.
- ШИНОДА, К., НАКАГАВА, Т. и др. 1966. Коллоидные поверхностно-активные вещества. Мир. Москва. 203.

*Мəqaləyə t.e.n. Ə.A.Mösümzadə rəy vermişdir*