

**NANOTEKNOLOGİYANI TƏTBİQ ETMƏKLƏ NEFT HASİLATININ YÜKSƏLDİLMƏSİ****Elçin Araz oğlu Mirzəyev**

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: elchinmirzayev1998@gmail.com

Zəif keçiricilikli laylar çox vaxt neft, qaz və ya qaz kondensat ehtiyatı ilə zəngindir. Bu yataqlar çətin istismar olunan yataqlar qrupuna daxildir və istismar olunan yataqların 51-67%-ni əhatə edir. Bu yataqlar böyük potensiala malikdir ki, buda onu tədricən neft-qaz yataqlarının işlənilməsinin əsas məqsədinə çevirib. Neft-qaz yataqlarının ilkin və ikinci (fontan və stabilləşmə) dövründən sonra laylarda hələdə yüksək miqdarda qalıq neft qalır. Belə yataqların əksər hissəsi parafləşmiş və sulaşma faizi artmış yataqlardır ki, köhnə üsulların tətbiqi bu yataqların fəaliyyətinin dayandırılmasına gətirib çıxarır. Lakin bu yataqların çox yüksək karbohidrogen ehtiyatına sahib olması yeni üsulların tətbiqi ilə bu ehtiyatın hasilatına və iqtisadi cəhətdən yüksək səmərəyə gətirib çıxarır. Buna görə də qalıq neftin istismar edilməsi, xam neft hasilatını daha da təkmilləşdirmək üçün "neftvermə əmsalının artırılması texnologiyaları" işlənilib hazırlanmışdır.

Bu məqalədə nanotexnologiyanın tətbiqi ilə neftvermə əmsalının artırılması üsulunun işlənilib hazırlanması məsələsinə baxılır. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, suspenziya halına salınmış daşıyıcılar vasitəsilə neft quyularına vurulan metal nanohissəciklər süxur məsamələrinə nüfuz edir və süxurların əsas tərkib hissələrindən olan karbonatlarla reaksiyaya girir. İstiliyin ayrılması ilə baş verən izotermik reaksiyada karbon qazı ayrılır. Məsələrdə təzyiqin və turşuluğun artması baş verir ki, buda lay keçiriciliyinin yaxşılaşmasına özlülüyn azalmasına səbəb olur. Eyni zamanda neft-su kontaktında fazalararası gərginliyi azalır. Nanohissəciklər reoloji parametrlərinə görə islanma qabiliyyətinin dəyişməsinə səbəb olur. Nəticədə məsamələrdə sıxışmış qalıq neftin mütəhərrikliyinin artması baş verir ki, buda laydan güclü axınla neftin quyuya hərəkətinə effektiv şərait yaradır. Hal-hazırda dünya texnologiyasında neftvermə əmsalını yaxşılaşdırılmasında nanohissəciklərin tətbiqinə tələbat günü-gündən artır. Məqalədə ən çox yayılmış nanohissəciklər, onların fiziki-mexaniki xassələri və bir neçə araşdırmanın icmalı göstərilir.

Açar sözlər: fazalararası gərginlik, nanohissəciklər, isladab maye, polimerlər, səthi aktiv maddələr, nanohissəciklərin konsentrasiyası

GİRİŞ

Nanotexnologiya dedikdə, nanoölçülü (1-100nm) miqyasda olan, makromolekul və ya atomar səviyyədə, yeni fiziki-kimyəvi və mexaniki keyfiyyətlərə malik sistem, qurğu, məhlul və s. yaradılması və atom səviyyəsində baş verən hadisələrə nəzarətin həyata keçirilməsi başa düşülür. Vurucu məhlullara müəyyən nanohissəciklərin əlavə edilməsi ilə islanma qabiliyyətinin, mayenin xassələrinin dəyişməsi, keçiriciliyin artması, özlülüyn azalması, fazalararası gərginliyin azalması, sıxılmış neftin hərəkətiliyinin yaxşılaşması nəticəsində neftvermə əmsalı əhəmiyyətli dərəcədə artırıla bilər [1]. Son illərdə ağır neftlərin, bitum yataqlarının istismarı prosesində nanotexnologiya alternativ üsul kimi tətbiq edilə bilər. Nanotexnologiyadan başqa illər boyu bir çox üsulla neftvermə əmsalının artırılmasına çalışılmışdı [12]. Bu üsullara məhsuldar laya su vurma, məhsuldar laya qaz vurma, vakuum prosesi, istiliklə təsir, hərəkət edən yanma ocağının yaradılması, səthi aktiv maddələrin (SAM) vurulması, CO₂ vurma, qazlift, airlift, köpüklə təsir, misselyar məhlul vurma, polimerlərlə təsir, mikrobioloji təsir və s. texnologiyaların tətbiqi ilə neftvermə əmsalının artırılması üsulları aiddir. Cədvəl 1-də neftvermə əmsalının artırılma üsullarının 5 əsas qrupu və hər qrupa malik metodları göstərilmişdir.

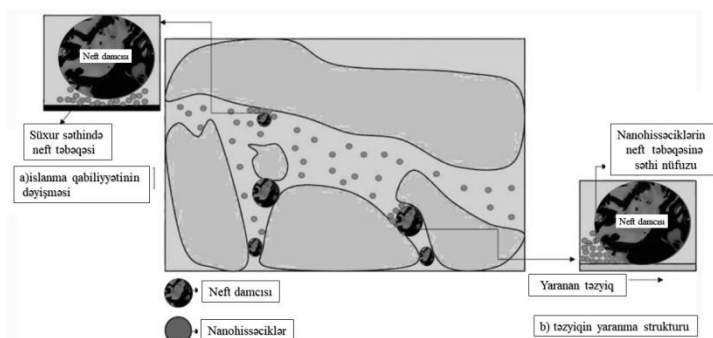


Neftvermə əmsalının artırılması üsullarının təsnifatı

Neftvermə əmsalının artırılması üsulları					
Qruplar	Kimyəvi	Termiki	Qaz	Fiziki sahə	Digər
Metodlar	Polimer Köpük Səthi aktiv maddələr Qələvilər SAM-Qələvi- Polimer qarışığı Termokim- yəvi	İstisu Lay daxili yanma Buxar	Qarışan CO ₂ Qarışmayan CO ₂ Qarışan N ₂ Qarışmayan N ₂ Qarışabilən zənginləş- dirilmiş qaz Qarışabilən maye qaz (LPG)	Maqnitlə təsir Vibro-dalğa Akustik	Mikrobioloji Su və qaz injeksiyası Nanotexnolo- giya və s.
Çatışmaz- lıqlar	Yüksək xərc Duzluluğa həssaslıq İstiliyə həssaslıq	Yüksək xərc İstilik itirmə	Qaz karroziyası Asfalten problemləri	Xüsusi avadanlığa olan ehtiyac	Aşağı bərpa əmsalı Reoloji həssaslıq
Mexanizmlər	Fazalararası gərginliyin azalması Özlülüyn azalması İslanma qabiliyyətinin dəyişməsi	Fazalararası gərginliyin azalması Özlülüyn azalması İslanma qabiliyyətinin dəyişməsi Qravitasiya drenajı	Fazalararası gərginliyin azalması Özlülüyn azalması Neftin genişlənməsi Yüksək bərpa təzyiqi	Maye mütəhərrikliyinin atması, fiziki xüsusiyyətlərin dəyişməsi	Fazalararası gərginliyin azalması Özlülüyn azalması Neftin genişlənməsi İslanma qabiliyyə- tinin dəyişməsi

Bəzi nanohissəciklər neft-qaz yataqlarındakı yüksək duzluluğa və istiliyə dayanıqsız oldu-ğu halda bəziləri isə yüksək dayanıqlıdır [2]. Buna görə də neft-qaz yataqlarına hər hansı təsir üsulu seçilərkən yatağın geoloji, lay mayesinin reoloji parametrlərinə uyğun üsulun seçilməsi mühüm məsələdir. Belə yataqların işlənilməsi zamanı dayanıqlı nanohissəciklərin istifadəsi ilə kapilyar qüvvələri və suyun nisbi keçiriciliyini azalda karbohidrogenin axın mütəhərrikliyini dəyişə bilərik.

Bugünə qədər aparılmış dəqiq tədqiqatlar göstərir ki, mayələr və süxurlar arasında islanma qabiliyyətinin dəyişməsi, fazalararası gərginliyin azalması nanohissəciklərin nanoölçülərdə aktivləşdirmək üçün iki əsas mexanizmdir (Şəkil 1).



Şəkil 1. Nanohissəciklərin neftverməni yaxşılaşdırma mexanizmi a) İslanma qabiliyyətinin dəyişməsi b) struktur təzyiqin dəyişməsi

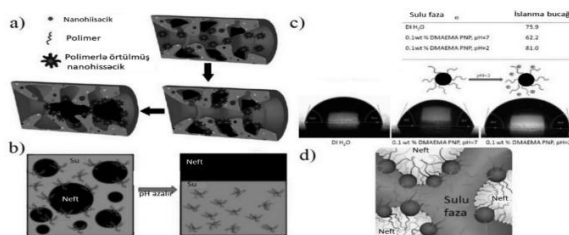
MATERIAL VƏ METODLAR

Səthi aktiv maddələrin və nanohissəciklərin birgə istifadəsi lay süxurunun mikrokanallarında ilişib qalmış neft hissəciklərinin hərəkətinə səbəb olur. Bu neftçıxarmanın artmasına səbəb olan bəzi komponentlərlə bağlıdır. Bunlara islanma qabiliyyətinin dəyişməsi, neft-su kontaktında fazalararası gərginliyin azalması, spontan emulsiyaların əmələ gəlməsi və məsaməli mühitdə axın xüsusiyyətləri kimi parametrlər daxildir.

Aparılmış tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, TiO_2 və CuO metal nanohissəcikləri neftvermənin 71% artmasına səbəb olur. C.Kanj karbon əsaslı florasən nanohissəciklərinin neftverməni bəzən 96% artırdığını qeyd etmişdir [16].

Natrium Montmorillonit (Na-Mt) hissəcikləri və hidrolizə edimiş poliakrilamid (HPAM) emulsiya dayanıqlılığına malik olduğu üçün neftvermə əmsalının artırılmasında yüksək məhsuldarlıqlı nanohissəcik kimi istifadə edilməsi daha yaxşı effekt verir [4-5].

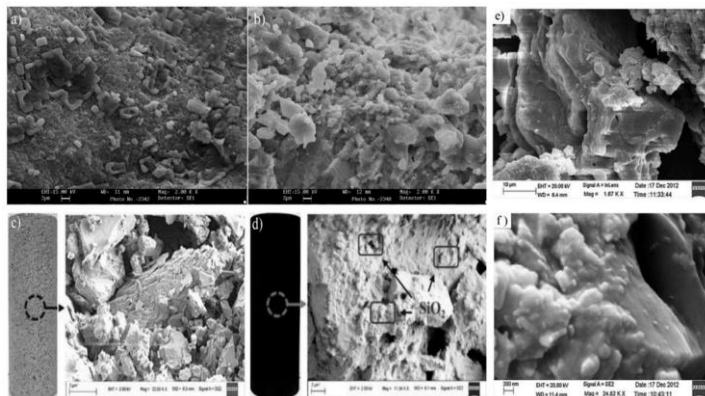
Nəticələr göstərir ki, artan nanohissəcik konsentrasiyası neft damcılarının fazalararası gərginliyinin və zeta potensialının azalmasına səbəb olur və süxurun elastikliyi artırır. Artan nanohissəcik konsentrasiyası ilə onun viskoelastikliyi artır, zeta potensialı isə 250 mq/l konsentrasiyadan sonra sabitləşir. Buna əsasən deyə bilərik ki, ağır neftli laylarda polimer örtüklü nanohissəciklər layın pH şəraitini dəyişir və ağır neftin bərpasına səbəb olur. Bu şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. (a) məsaməli mühitdə sıxılmış ağır neftin bərpası üçün polimer örtüklü nanohissəciklərin əlavələrinin istifadəsinin sxemi, (b) məhlulun pH-nın dəyişməsi ilə suda neft emulsiyalarının demulsifikasiyası, (c) polimerlə örtülmüş nanohissəciklərlə islanma qabiliyyətinin dəyişməsi və (d) polimerlə örtülmüş nanohissəcikli əlavələrlə neft-su mikroemulsiya fazalarının sxemi.

Neftvermə əmsalının artırılmasında hidrofilik silisium-dioksid nanohissəciklərinə dair müxtəlif islanabilirlik səviyyələrində və temperaturalarda laboratoriya tədqiqatları aparılmışdır. Eksperimental nəticələr göstərir ki, bu nanohissəciklər yüksək temperaturalarda xassələrini dəyişmir [8]. Onlar su keçiriciliyini və hərəkətiliyini eyni zamanda özlülüyünü azaldır. Polimerləşmiş nanohissəciklər süxur məsamələrinə nüfuz edir və süxurla neft damcıları arasındakı səthi gərilmə

qüvvəsini azaldır. Bu nanohissəciklərlə təsir üsulu göstərir ki, bu üsulun tətbiqi ilə normal polimerlə təsir üsulundan daha çox neftvermə əmsalının artırılmasına nail ola bilərik (Şəkil 3a-b). Bununla belə nanohissəciklərin yüksək konsentrasiyası özlülük və fazalararası gərginliyə aşağı təsir göstərir. Həmçinin məsaməli mühitin bloklanması səbəbilə lay keçiriciliyinə mənfi təsir göstərir (Şəkil 3c-d).



Şəkil 3. Nanomayenin süxurla təmasının mikroskopik görünüşü

Bundan əlavə aparılmış tədqiqatlarda hidrofilik silisium nanohissəciklərinin rezervuarın məsaməli mühitində qeyri-bərabər paylandığı müşahidə edilmişdir. Bu tədqiqatlara görə silisium nanohissəciklərinin konsentrasiyası 0.1 wt% (həcmi faiz)–dən çox olmamalıdır. Bunun səbəbi, nanohissəciklərin neftvermə üzərində müxtəlif təsirlərə malik ola bilməsidir.

Nanohissəciklərin yüksək konsentrasiyası mütləq yüksək neftvermə ilə nəticələnir [14-16]. Buna baxmayaraq həтта yüksək konsentrasiya qalıq neftlə doymanı 2-13% azalda bilər. Bunun qarşısının alınması üçün laborator tədqiqatlarda nanohidrofilik metal oksidin üzərində polivinilprolidon əlavə edilərək neftvermənin bərpası üçün polimerik nanoməhlul hazırlanmışdır. Bu məhlul TiO_2 və silisium əsaslı nanomaye ilə müqayisədə islanma qabiliyyətinin dəyişməsində daha yaxşı məhsuldarlığa malikdir. Silisium nanohissəcikləri məsaməli mühitə nüfuz edir, lakin qumdaşı kanallarında neftlə birlikdə hərəkət etmir. Tərkibində hidrolizə edilmiş poliakrilamid olan silisium nanohissəcikləri bu sistemdə olan qalıq neftlə doymanı təxminən 20 %-ə qədər azalda bilər.

Bundan əlavə propanol və SiO_2 nanohissəciklərinin birgə tətbiq edilməsi ilə 79%-dək neft əldə edə bilərik. Buna səbəb islanma və faza gərginliyinin əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməsidir.

Nanohissəciklərin təkildə, polimerlərlə və ya səthi aktiv maddələrlə birgə istifadə etməklə neftvermə əmsalına təsiri və konsentrasiyaları aşağıdakı cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.

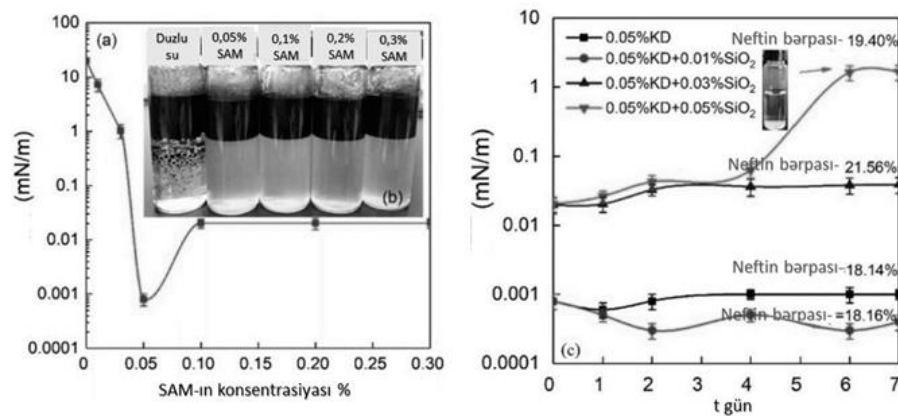
Neftvermə əmsalının artırılmasında istifadə edilən nanohissəciklərin növləri, konsentrasiyası və aparılmış tədqiqatın nəticəsi

Nh-in növü	Nh-in konsen trasiyası wt % (həcmi faiz)	Əlavə edilən	Neftin bər-pası	Tədqiqatın nəticəsi
Al_2O_3	0.05 wt %	Anionik SAM	12.5%	İslanma qabiliyyətinin dəyiş-məsi
Gil	0.9 wt %	Poliakrilamid	5-6%	Reoloji xassələrin yaxşılaşma-sı



ZrO ₂	0.1 q/sm ³	Bromid SAM	40%	İslanma qabiliyyətinin dəyişməsi
TiO ₂	1.9-2.5 wt %	Natrium do-desil sulfat SAM	4%	Reoloji xassələrin yaxşılaşması
ZnO	1.5 wt %	-	11%	Süxurun islanma qabiliyyətinin dəyişməsi, faza gərginliyinin azalması, neftin özlülüyünün, hərəkətilik nisbətinin və keçiriciliyin dəyişməsi
Nikel	0.005-0.02 wt %	Xantan qum	6%	Məhlulun özlülüyünün artması
SiO ₂	1 wt %	Poliakrilamid	1%	Neftin özlülüyünün, hərəkətilik nisbətinin və keçiriciliyin dəyişməsi
SiO ₂	0.3 wt %	Xantan qum polimer-SAM	27%	Məhlulun özlülüyünün artması
Karbon	1 wt %	-	24.5%	Neftin özlülüyünün azalması
SiO ₂ , Fe(OH) ₃ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃	0.2 wt %	Xantan qum	1-9%	Məhlulun özlülüyünün azalması
Piroksen	1 wt %	-	10.5%	Fazalararası gərginliyin azalması, İslanma bucağının dəyişməsi
Floresan karbon	0.05 wt %	-	22%	Fazalararası gərginliyin azalması,
Karbon	0.1 wt %	-	32%	Süxurun islanma qabiliyyətinin dəyişməsi, faza gərginliyinin azalması, neftin özlülüyünün, hərəkətilik nisbətinin və keçiriciliyin dəyişməsi
CeO ₂ , ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , CNT, MgO, CaCO ₃ , SiO ₂	5 wt %	-	8-9%	Məhlulun özlülüyünün artması
SiO ₂	1 wt %	Polietilenqlikol	22%	Reoloji xassələrin yaxşılaşması

Nanohissəciklər səthi aktiv maddələrlə birgə istifadə edilərkən səthi aktiv maddələrin üzərində nazik təbəqə yaradır ki, bu da neftlə vurulan maye arasında paylanır. Bu proses fazalararası gərginlik parametrlərinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına gətirib çıxarır. Bu prosesdə kapilyarların sayı artır və kapilyar qüvvələr əhəmiyyətli dərəcədə azalır [19]. Bu o deməkdir ki, həm səthi aktiv maddə, həm də nanohissəciklər injeksiya edilmiş emulsiyanın sabitliyi üçün bir-birini dəstəkləyir. Bundan əlavə, səth qüvvələrini və cazibə qüvvəsini tarazlaşdırıb bilən nanohissəciklər sayəsində məhlullarda çökməyə qarşı dayanıqlılıq artır. Şəkil 4-də otaq temperaturunda nanohissəcikli səthi aktiv maddə məhlulu ilə xam neft arasında fazalararası gərginliyin azalmasını və islanma qabiliyyətinin dəyişməsini göstərir.



Şəkil 4. Səthi aktiv maddə məhlulları və neft arasında 80 °C-də fazalararası gərginliyin azalması, (b) 80 °C-də 24 saat sonra emulsiyanın stabiləşmə şəklə və (c) 80 °C-də səthi aktiv maddə əsaslı nano-SiO₂ məhlullarının fazalararası gərginliyin sabitliyi

Digər nanohissəciklərdən istifadə zamanı neft-su kontaktındakı fazalararası gərginliyin dəyişmələri Cədvəl 3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.

Nanohissəciklərin neft-su kontaktında fazalararası gərginliyə təsiri

Nanohissəciyin növü	Nanohissəciyin konsentrasiyası	Fazalararası gərginlik
SiO ₂	0.05 wt %	17.5
Al ₂ O ₃	0.5 q/l	3.5
Fe ₂ O ₃	3 q/l	2.7
CNP	0.1 wt %	13.4
SiO ₂	1 wt %	15
Karbon	100 mq/l	2.7
Al ₂ O ₃	0.05 wt %	23.1
ZrO ₂	0.05 wt %	6.6
Hidroksilləşdirilmiş nanopirosen	50 mq/l	10
ZrO ₂	10-500 mq/l	2.5
ZnO/ SiO ₂	2000 mq/l	29
CuO/ Fe ₃ O ₄	2000 mq/l	4.5

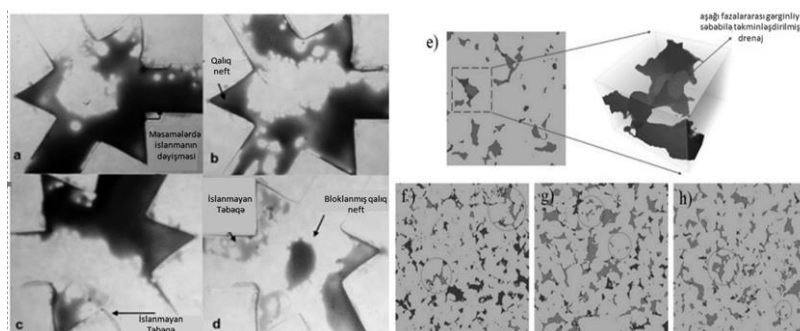
Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi neft-su kontaktında fazalararası gərginliyin dəyişməsi qədər islanma qabiliyyətinin də dəyişməsi neftvermənin yaxşılaşmasında ən mühüm məsələlərdəndir. Müxtəlif nanohissəciklərin təsiri ilə islanma bucağının dəyişməsi mikroskopik təcrübələrdə analiz edilmiş və aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir (Cədvəl 4).

Cədvəl 4.

Nanohissəciklərin neft-su kontaktında islanma bucağının dəyişməsinə təsiri.

Nanohissəciyin növü	Nanohissəciyin konsentrasiyası	İlkin islanma bucağı	İslanma bucağının dəyişməsi
SiO ₂	0.05 wt %	29	28
Al ₂ O ₃	0.5-3 q/l	134	39
Fe ₂ O ₃	3 q/l	134	31
CNP	0.1 wt %	35	85
SiO ₂	0.05 wt %	39	28
Karbon	100 mq/l ⁻¹	108	76
Al ₂ O ₃	1000 mq/l	141	32
ZrO ₂	0.05 wt %	70	10
Hidroksilləşdirilmiş nanopirosen	50 mq/l	76	52
ZrO ₂	10-500 mq/l	41	37
ZnO/ SiO ₂	2000 mq/l	132	98
CuO/ Fe ₃ O ₄	2000 mq/l	135	61

Bundan əlavə nanoməhlulu süxur məsamələrinə nüfuzu zamanı keçiriciliyin yaxşılaşması baş verərkən mütləq keçiricilik azalır [13]. Hendraningrat tərəfindən edilən təcrübədə bir araşdırmada kimyəvi neftvermə əmsalının artırılması prosesində yerdəyişmə mexanizmlərini araşdırmaq üçün islanma zamanı təmas bucağı təhlil edilmişdir [21]. Nəticələr göstərdi ki, 0,05 wt% hidrofilik nanohissəcik olan nanomaye nəmlənmə qabiliyyətini 15% ilə 33% arasında dəyişir, Nanohissəcik səthi gərilmənin azalmasına əhəmiyyətli təsir göstərmir. Bundan əlavə, islanma qabiliyyətinin dəyişməsi ilə hidrofilik NP-lərin (optimallaşdırılmış diapazonda) məsaməli mühitlərdə neftin yerdəyişməsində effektiv rol oynadığı müşahidə edilmişdir (Şəkil 5).



Şəkil 5. (a, b, c, d) neftə nanohissəcikli məhlulla təsir zamanı islatmanın mikroskopik görünüşü (e, f, g, h) səthi aktiv maddə və nanohissəcikli məhlulun drenajı zamanı fazalararası gərginliyin dəyişməsinin 2D və 3D görünüşü

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Nanohissəciklərin istifadəsi əhəmiyyətli texniki faydalar gətirsə də neftvermənin artırılması prosesində nanohissəciklərin istifadə edilməsilə bağlı çatışmazlıqları gözdə tutmaq da bilmərik. Bildiyiniz kimi nanohissəciklər bahalı materiallardır. Buna görə də nanohissəciklərin qiyməti hər bir layihəyə başlamazdan əvvəl mütləq nəzərə alınmalı olan mühüm məsələlərdəndir. Ümumiyyətlə



nanohissəciklərin sintezi, istehsal prosesi və istifadəsi çox bahalı ola bilər. Üstəlik neftvermə əmsalının əməliyyatları üçün böyük həcmdə nanohissəciklərin yeridilməsi tələb oluna bilər.

Hər bir neft yatağının və quyunun özünəməxsus xüsusiyyətləri və parametrləri vardır. Nanohissəciklərin istifadəsi zamanı bu parametrlərə uyğunluğu digər vacib məsələlərdəndir. Bəzi formasiyalarda olan duzluluq, kimyəvi birləşmələr və ya yüksək temperatur nanohissəciklərin fərdi strukturları üçün dağıdıcı təsir göstərə bilər.

Nəhayət nanotexnologiyanın neftvermə əmsalının artırılması prosesində tətbiqi nisbətən yeni texnologiya olduğundan bu sahədə aparılmış sınaqlar, təcrübələr və tədqiqatlar məhdud saydadır.

Hal-hazırda tətbiq edilən nanomayelərin əksəriyyəti neft qaz yataqlarının işlənilməsi üçün tam ekoloji təmiz deyildir. Buna görə tədqiqatçılar ekoloji cəhətdən təmiz nanomayelərin işlənilib hazırlanması prosesinə xüsusi diqqət yetirməlidirlər.

YEKUN NƏTİCƏ

Nanotexnologiyanın neft yataqlarında neftvermə əmsalının artırılması prosesində tətbiqi texniki cəhətdən effektiv ola bilər. Ümumilikdə yeni texnologiya olan nanotexnologiyanın neft-qaz sənayesində tətbiqinin bir çox perspektivliyi vardır. Bunlar aşağıdakılardır:

Neftvermə əmsalının artırılması.

Laya su vurma prosesinin tənzimlənməsi.

Quyuların məhsuldarlığının artırılması.

Neft-su emulsiyasının parçalanması

Aşağı təzyiqli qazın istifadəsi.

Qeyri-sabit kollektorların stabilləşdirilməsi.

Əsas istiqamətlərdən biri kimi yerli xammaldan istifadə edərək yüksək keyfiyyətli, aşağı maya dəyərli və ekoloji cəhətdən təmiz nanohissəciklərin istehsalı prosesinin aparılması məqsəda uyğundur.

Məqalədə nanohissəciklərlə neftvermənin yaxşılaşdırılması üçün bəzi mexanizmlərə nəzər yetirilmişdir.

Nanohissəciklərin və nanomayelərin neft-su kontaktı arasındakı fazalararası gərginliyə təsiri, islanma qabiliyyətinin dəyişməsi və reoloji xassələri bu prosesdə ən mühüm mexanizmlərdir.

Bundan əlavə nanohissəciklərin polimer və səthi aktiv maddələrlə birgə işlənilməsi süxurun islanmasını daha çox dəyişdirir, fazaklararası gərginliyini azalda və reoloji xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırır bilər. Nəhayət nanotexnologiyanın gələcək sərhədləri tamamilə aydın olmasada nanotexnologiya şübhəsiz ki, neft-qaz sənayesinin inkişafında, məhsuldarlığın yüksəldilməsində böyük rol oynaya bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Cheraghian, G. Ultraviolet aging study on bitumen modified by a composite of clay and fumed silica nanoparticles: [Electronic Resource] / Sci Rep 10, 11216.– 2020. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68007-0>.
2. Cheraghian, G. Effect of nanoclay on improved rheology properties of polyacrylamide solutions used in enhanced oil recovery / G.Cheraghian, S.S.Nezhad, M.Kamari [et al.] // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, – 2014. – p. 189–196.
3. Cheraghian, G. Adsorption polymer on reservoir rock and role of the nanoparticles, clay and SiO₂ / G.Cheraghian, S.S.Nezhad, M.Kamari [et al.] // International Nano Letters, – 2014. – p. 114-120.
4. Aliabadian, E. Application of graphene oxide nanosheets and HPAM aqueous dispersion for improving heavy oil recovery: Effect of localized functionalization / E.Aliabadian, S.Sadeghi, A.R.Moghaddam [et al.] // Fuel, – 2020. – p. 116918-116925.



5. Miranda, C.R. Stability and Mobility of Functionalized Silica Nanoparticles for Enhanced Oil Recovery Applications // In Proceedings of the SPE International Oilfield Nanotechnology Conference and Exhibition. Noordwijk, – 12–14 June, – 2012.
6. Roustaei, A. An evaluation of modified silica nanoparticles efficiency in enhancing oil recovery of light and intermediate oil reservoirs / A.Roustaei, S.Saffarzadeh, M.Mohammadi [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering, – 2013. – p. 427–433.
7. Ju, B. Enhanced oil recovery by flooding with hydrophilic nanoparticles / B.Ju, T. Fan, M.Ma [et al.] // China Particuology, – 2006. – p. 41–46.
8. Nezhad, S.S. Improving heavy oil recovery in the polymer flooding process by utilizing hydrophilic silica nanoparticles / S.S. Nezhad, G.Cheraghian, E.Roayaei [et al.] // Energy Sources Part A Recover, – 2017. – p. 1–10.
9. Huang, B. Study on the Stability of Produced Water from Alkali Surfactant Polymer Flooding under the Synergetic Effect of Quartz Sand Particles and Oil Displacement Agents / B.Huang, C.Wang, W.Zhang [et al.] // Processes, – 2020. – p. 315–320.
10. Cheraghian, G. Improvement of heavy oil recovery and role of nanoparticles of clay in the surfactant flooding process / G.Cheraghian, S.S.Nezhad [et al.] // Petroleum Science Technology, – 2016, – p. 1397–1405.
11. Torsater, O., Engeset, B., Hendraningrat, L. Improved Oil Recovery by Nanofluids Flooding: An Experimental Study // In Proceedings of the SPE Kuwait International Petroleum Conference and Exhibition. Kuwait, – 10–12 December, – 2012.
12. Hendraningrat, L., Li, S., O.Torsater. Enhancing oil recovery of low-permeability berea sandstone through optimized nanoids concentration // In Proceedings of the SPE Enhanced Oil Recovery Conference. Malaysia, –2–4 July, – 2013.
13. Cheraghian, G. Effect of a novel clay-silica nanocomposite on water-based drilling fluids: Improvements in rheological and filtration properties / G.Cheraghian, Q.Wu, M.Mostofi [et al.] // Physicochemical and Engineering Aspects, – 2018. – p. 339–350.
14. Cheraghian, G., Hemmati, M., Bazgir, S. Application of TiO_2 and fumed silica nanoparticles and improve the performance of drilling fluids // AIP Conference Processing. – 2014, – p. 266–270.
15. Cheraghian, G. Application of Nanoparticles of Clay to Improve Drilling Fluid // International Journal Nanoscience Nanotechnology, – 2017, – p. 177–186.
16. Kanj, M., Rashid, H., Giannelis, E. Industry First Field Trial of Reservoir Nanoagents // In Proceedings of the SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference. – Bahrain, –25–28 September, – 2011.
17. Wang, Y. Effects of Na–montmorillonite particles on the emulsification stability of polymer flooding produced water / Y.Wang, F.Lu, Y.Li [et al.] // Physicochemical and Engineering Aspects, – 2012. – p. 125–129.
18. Chandran, K. Multiwall Carbon Nanotubes Fluid in EOR Using Core Flooding Method under the Presence of Electromagnetic Waves // Petronas Processes. Malaysia, – 2013, – p. 15–17.
19. Cheraghian, G. Silica Nanoparticle Enhancement in the Efficiency of Surfactant Flooding of Heavy Oil in a Glass Micromodel / G.Cheraghian, S.Kiani [et al.] // Industrial & Engineering Chemistry Research, – 2017. – p. 8528–8534
20. Mohammadi, M. An Experimental Investigation of Wettability Alteration in Carbonate Reservoir Using $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ Nanoparticles / M. Mohammadi, J. Moghadasi [et al.] // Iran Journal Oil Gas Science Technology, – 2014. – p. 18–26.
21. Hendraningrat, L. Experimental Investigations of Wettability Alteration Due to Various Nanoparticles: An EOR Implication with Nanofluids // In Proceedings of the Paper SCA2014-082 Presented at the International Symposium of the Society of Core Analysts. Avignon, France, – 8–11 September, – 2014.



INCREASING OIL PRODUCTION BY APPLYING NANOTECHNOLOGY

E.A. Mirzayev

Poorly permeable formations are often rich in reserves of oil, gas or gas condensate. These fields are included in the group of hard-to-exploit fields and cover 51-67% of the exploited fields. These fields have great potential, which gradually made it the main goal of oil and gas field development. After the initial and second (fountain and stabilization) periods of oil and gas production, a high amount of residual oil still remains in the formations. Most of such fields are paraffinized and the percentage of water has increased, so the application of old methods leads to the cessation of the activity of these fields. However, the fact that these deposits have a very high hydrocarbon reserve leads to the extraction of this reserve and a high economic efficiency with the application of new methods. Therefore, in order to further improve the exploitation of residual oil and the production of crude oil, "technologies for enhanced oil recovery" have been developed.

This article deals with the issue of developing a method of increasing oil yield by applying nanotechnology. As a result of research, it has been determined that metal nanoparticles injected into oil wells through suspended carriers penetrate the rock pores and react with carbonates, which are the main constituents of rocks. In an isothermal reaction with the release of heat, carbon dioxide is released. In the pores, there is a relaxation of pressure and acidity, which leads to an improvement in formation permeability and a decrease in viscosity. At the same time, the phase voltage in the oil-water contact decreases. Nanoparticles cause changes in wettability due to their rheological parameters. As a result, there is an increase in the mobility of the residual oil stuck in the pores, which creates effective conditions for the flow of oil into the well with a strong flow from the formation. Currently, the demand for the application of nanoparticles to improve the oil yield in world technology is increasing day by day. The article presents the most common nanoparticles, their physico-mechanical properties, and an overview of several studies.

Keywords: *surface tensions, nanoparticles, wetting fluid, polymer, surfactants, nanoparticle concentration*

УВЕЛИЧЕНИЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Э.А. Мирзаев

Очень часто слабопроницаемые пласты бывают насыщены нефтью, газом и конденсатом. Такие залежи классифицируют как трудно эксплуатируемые, и они составляют 51-67% от всех эксплуатируемых площадей. Эти залежи обладают большим потенциалом и постепенно становятся основной целью процессов разработки и эксплуатации. После первой и второй стадий (фонтанирование и стабилизация) разработки в пластах остается значительное количество остаточной нефти. Большинство таких месторождений характеризуются выпадением парафинов и высокой степенью обводненности, что делает практически невозможным применение традиционных методов и приводит их закрытию. В таких условиях применение новых методов и вовлечение в разработку остаточных объемов углеводородов обуславливает высокую экономическую эффективность. Поэтому была разработана и подготовлена технология увеличения коэффициента нефтеотдачи, направленная на вовлечение в эксплуатацию остаточных запасов нефти и усовершенствование добычи углеводородного сырья.

В статье рассматриваются вопросы увеличения коэффициента нефтеотдачи с применением нанотехнологий. В результате исследований установлено, что при помощи



носителей в форме суспензий наночастицы металлов, закачанные в пласт проникая в поры вступают в реакцию с карбонатами, которые являются основной составляющей породы. В результате протекания изотермической реакции с выделением тепла образуется углекислый газ. В поровом пространстве происходит увеличение температуры и кислотности, что способствует увеличению проницаемости породы и снижению вязкости флюида. Одновременно снижается фазовое напряжение на границе ВНК. В соответствии с реологическими параметрами наночастицы обладают способностью изменять смачиваемость. В результате, вытесненная из порового пространства остаточная нефть характеризуется высокой подвижностью, что создает условия для интенсивного потока углеводородов из пласта к скважинам. В настоящее время в мировой практике проведения технологических мероприятий потребность в применении наночастиц с целью увеличения коэффициента нефтеизвлечения растет изо дня в день. В статье показаны наиболее распространенные наночастицы, их физико-механические свойства и обзор ряда исследований.

Ключевые слова: *поверхностное натяжение, наночастицы, смачивающая жидкость, полимер, поверхностно-активные вещества, концентрация наночастиц.*