

ABDULLAYEV M.Q., MANSUROVA S.İ., ABDURƏHİMOV K.V.,  
HÜSEYNBƏYLİ Q.A., TƏMRƏZLİ T.T.

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti*

## ÇƏTİN ÇIXARILA BİLƏN NEFTLƏR KATEQORİYASINA MALİK NEFT YATAQLARI ÜÇÜN PERSPEKTİVLİ FİZİKİ-KİMYƏVİ NEFTVERİMİNİN ARTIRILMASI ÜSULLARI (NAÜ) TEXNOLOGİYALARI

**Giriş.** Neft yataqlarının işlənməsində geniş tətbiq olunan suvurma ilə neft hasilatının artırılması aşağı özlülükli neft yataqlarında işlənmənin ilkin mərhələsində yüksək nəticələrin alınması məlumdur. Bu üsulun kütłəvi hal alması səbəbindən laylara yalnız soyuq suyun vurulması, neftverimini artırısa da, mənfi nəticələrə də səbəb olmuşdur. Belə ki, laylara soyuq su vurulması lay temperaturunun kəskin aşağı düşməsinə səbəb olubdur ki, bunun nəticəsində də laylarda qalıq neft ehtiyatının durmadan çoxalmasına səbəb olmuşdur. Bu ehtiyatları isə ənənəvi üsullarla çıxarmaq qeyri mümkündür. Odur ki, sənii şəkildə yaradılmış bu problemin həllinə çoxlu elmi-tədqiqat işləri həsr olunmuşdur /1, 2 və s./. Qeyd etmək lazımdır ki, bu cür çətin çıxarılan

neft ehtiyatları, həm də təbii olaraq ekstremal iqlim şəraitində işlənmədə olan neft yataqlarında da özünü göstərməkdədir.

**Məsələnin qoyuluşu.** Bu şəraitdə olan yataqların işlənməsində bir çox istilik üsullarından, o cümlədən istilik-buxar, dövrü-buxar, onların kombinasiyalarından ibarət neftveriminin artırılması üsulları (NAÜ) texnologiyalarından istifadə olunur. İstilik-buxar təsiri ilə işlənmədə olan neft yataqlarında neftvermənin yüksəldilməçəsi üçün fiziki-kimyəvi texnologiyaların laboratoriya və mədən sınaqlarının nəticələri məlumdur. Bu işlərdə nefti sıxışdırın maye, gel və zollar yaratmaq üçün lay enerjisindən və ya laya vurulmuş istilik daşıyıcısının enerjisindən istifadə etməklə perspektivli konsepsiya işlənilmişdir.

NAÜ üçün fiziki-kimyəvi əsaslar, aşağıdakı kimyəvi intellektual sistemlərdən istifadə ilə hazırlanmışdır: SAM əsasında öztənzimləyici kompleks xüsusiyyətlərə malik, layda uzun müddət nefti optimal sıxışdırma bilən hələməlagatıran və neftxixidirən sistemlər işləməsidir. Hələməlagatıran sistemlərin və SAM kompozisiyalarından istifadə etməklə NAÜ texnologiyalarının mədən sınaqları bir çox əlkələrin neft yataqlarında uğurla həyata keçirilmişdir. Bəzək sistemlər sistemi olaraq Rusiya və Çinə istehsal olunur. Pilot sınaqların nəticələri və kommersiya tətbiqinin nəticələri araşdırılmışdır.

**Məsələnin həlli.** Hazırda Azərbaycanın əsas neft yataqları (həmçinin Rusiya digər MDB-nin neft yataqları) işlənənən son mərhələsində istismar edilir ki, burada mövcud sulaşma dərəcəsi 80%-dən çoxdur. Sulaşmış laylardakı qalıq neft, ehtiyatların əhəmiyyətli hissəsini təşkil edir. Azərbaycanda (həm də Rusiyada) çətin çıxırlar bilən neft ehtiyatlarının bir hissəsi durmadan artır. Bu halda, neft hasilatının yüksəldilməsi hesabına, neft ehtiyatlarının potensial artımı xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Mütəxəssislərin hesablamalarına görə, dünyada çətin çıxırlar bilən neft ehtiyatları 1 trilyon tondan artıqdır. Onların səmərəli istismarı üçün NAÜ texnologiyalarını yaradıq və geniş tətbiq etmək vacibdir [4, 6, 9]. Çətin şəraita uyğunlaşdırılmış neftvermənin yüksəldilməsi üçün elmi əsaslı texnologiyalara və bu texnologiyaların tətbiqi üçün yeni kimyəvi reagentlərin işləniş hazırlammasına ehtiyac var. Neftin sıxışdırılması və təsirlə əhatə olunması üçün optimal olan kolloidal-kimyəvi xassələr kompleksini uzun müddət layda saxlayan və özünü tənzimləyən mənfi rəyə malik fiziki-kimyəvi sistemlər kimi, "ağlılı" nefti sıxışdırın və gel əmələ gətirən kompozisiyalar konsepsiyasının hazırlanması perspektivlidir.

Mürəkkəb şəraita istiqamətlənmis termotropik gel əmələ gətirən və nefti sıxışdırın sistemləri əhatə edən yeni fiziki-kimyəvi NAÜ texnologiyalarının laboratoriya tədqiqatları və mədən sınaqlarının həyata keçirildiyi məlumdur [4, 6, 9]. Gellər laydakı maye axımlarının süzülməsini yenidən paylayır və sulasdırma və

ya istilik-buxar vurulması zamanı uyğunluğu artırır. Neftxixidirici sistemlər neftlə sərhəddə aşağı fazalarası gərginliyi malikdir, gilin şışməsini azaldır və həm yüksək, həm də aşağı keçiriciliyi malik lay zonalardan qalıq neftin oradan sıxışdırılmasını təmin edir. Bu məqsədə, istilik daşıyıcısi vurmaqdan əvvəl araqatı qismində, səthi aktiv maddə-karbamid-ammonium duzu-sudan ibarət sistem vurulur. Layda istilik daşıyıcısının yüksək temperaturu səbəbindən, karbamid hidrolizlə maruz qalır və karbon qazı və ammonyak əldə edilir. Ammonyakdan fərqli olaraq, karbon qazı sudan daha çox neftdə həll olunur. Neft-su sisteminde  $CO_2$ -ni paylanma əmsalının,  $35-100^{\circ}C$  və  $10-40$  MPa təzyiqdə 4 il ətərəfən dayışması, ammonyak üçün isə bu  $6-10^{\circ}C$ -dən çox olmaması məlumdur. Buna görə də neft-su sisteminde neft fazası  $CO_2$  və su fazası isə ammonyak ilə zənginləşəcək, bu fazada ammonium duzu ilə birlikdə pH  $9-10$  [7, 11] maksimum bufer tutumu olan qələvi sistem əmələ gətirir ki, bu da neftin sıxışdırılması üçün optimal sayılır. Bu halda bir sira faydalı təsirlər də müşahidə olunur:

- neftdə həll olan  $CO_2$  məhlulu onun özlülüyünü azaldır;
- istilik daşıyıcısi fazasında  $CO_2$  və ammonyak olması buxar-qaz qarışığının buxar kondensasiyası temperaturundan aşağı temperaturda saxlanması asanlaşdırır və bununla da distillə məxanizmi vasitəsilə neft komponentlərinin miqrasiyasının səmərəliliyini artırır.

Bündən əlavə,  $CO_2$  və ammonyak səxur-kollektorlarda gil minerallarının şışməsini azaldır və bununla da layların ilkin keçiriciliyini qoruyur. Ammonium duzunun sulu məhlulunda ammonyak həll edildikdə əmələ gələn ammonyak bufer sistemi eyni funksiyani yerinə yetirir. Qələviliyi, pH=9-10 və səthi aktiv maddələrin olması səbəbindən eks səxur islatmasını və əlavə neft sıxışdırılmasını artırır. Ammonyak bufer sistemi fazalarası gərginliyi azaldır və neft-su-səxur sərhədlərində əmələ gələn, layda mayenin süzülməsini zəifləndir və neftin çıxarılmasına əngol olaraq yüksək özlülükli təbəqələrin və ya pliyonkaların səthdən qoparılmasına və nazik-

ləşməsinə kömək edir [5, 8, 10].

Rusyanın neft yataqlarında NAÜ texnologiyalarının tətbiqi təcrübəsi göstərdi ki, vurulan maye (su, buxar, qaz və s.) uyğunluğu artırın və ya eyni zamanda həm uyğunluq, həm də neftin sıxışdırma amillərinin artırın texnologiyaların ən perspektivli hesab olunur. Gellərin laydaxili generasiyası, suyun vurulması və istilik buxar təsiri ilə uyğunluğu artırmaq üçün istifadə edilən perspektiv üsullar dan biridir.

Gel almaq üçün müxtəlif üsullar möləmdür ki, bu da geləmələgəlmə reaksiyalarının növünə görə fərqlənlər. Hidrolitik polikondensasiyalar qeyri-üzvi koaqluyası gellərini və ya kondensasiya-kristallaşma strukturlarını, məsələn, metal hidroksidlərin və silisium turşusunun gellərini verən ən çox yayılmış reaksiyalarıdır [9, 11]. Məhlullarda təbii və sintetik polimerlərin makromolekullarının kimyəvi və ya koordinasiyası əlaqlıları (xrom) düzürlər ilə çarşap bağlanmış poliakrilamid, boratlar ilə çarşap bağlı polisaxaridlər və s.) ilə çarşap bağlanması nəticəsində üçölcülü polimer strukturlarının əmələ gəlməsi reaksiyaları [5], həmçinin faza keçidləri məhlulu - sistemlərdə gel: dəhə yüksək və ya aşağı kritik temperaturda malik polimer - su (selüloz eflərlə, polivinil spirti və s.) [3, 10].

Bu məlumatları nəzərə alaraq, laboratoriya şəraitində su vurulmasına və ya istilik kimyəvi uyğunluğu artırmaq üçün layda gel yaradın termotropik qeyri-üzvi və polimer gel əmələ gətirən sistemləri yaradılması yoxlanılmışdır. Bir neft yatağının özünameksus geoloji-fiziki xüsusiyyətləri vardır. Neftin tərkibi və lay səxurunun tərkibi, neftin özlülüyü, suyun duzluluğu, lay temperaturu və təzyiqi geniş diapazonlarda dayışır. Buna görə də, neftverməni artırmaq üçün nəzərdə tutulmuş gel texnologiyalarından istifadə etmək üçün tənzimlənən xüsusiyyətlərə malik gel əmələ gətirən sistemlər hazırlanır. Bəzək sistemlərənən əmələ gələn, layda mayenin süzülməsini zəifləndir. Yer üzərindəki şəraiti də sulu məhlullar aşağı özlülükli məhlullardır və onlar lay şəraitində gələrənən.

Geləmələgəlmə, layın və ya vurulan istilik daşıyıcısının istilik enerjisi, həmçinin vurulmuş məhlulun lay fluidləri və kollektor-süxurlarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Keçiriciliyi  $0,01$ -dan  $10 \text{ mkm}^2$ -ə qədər olan qeyri-bircincə laylar üçün gel əmələ gəlməsinin kinetikası, eləcə də müxtəlif tipli gellərin reoloji və süzülmə xassələri tədqiq edilir.  $30-100^{\circ}C$  temperatur diapazonunda müxtəlif gelləşmə məddətləri - bir neçə dəqiqədən bir neçə günə qədər olan termotrop gel əmələ gətirən sistemlər tədqiq edilir. Bu sistemlər əsasında yüksək qeyri bircincə laylardan qalıq neftin çıxarılmasını artırmaq üçün müxtəlif gel texnologiyası işlənilib və onların lay modelində laboratoriya eksperimentləri aparılmışdır.

Laboratoriyyada hazırlanmış və neft veriminin artırılması üçün termotrop qeyri-üzvi gellər alüminium duzu - karbamid - su - səthi aktiv maddə sistemini layda qeyri-üzvi gel və  $CO_2$  yaratmaq qabiliyyəti  $30-100^{\circ}C$  temperatur diapazonunda su və ya istilik ötürüclərinin vurulması zamanı uyğunluğu artırmaq üçün hazırlanmış texnologiyaların əsasını təşkil edir. Kondensasiya üsulu ilə, xüsusən də analitik kimyada yaxşı məlum olan "yaranan reagentlər (bircincə cökəmə)" principinə əsaslanaraq, layda sərbəst və ya əlaqlı dispers sistemlər (sollar və gellər) yaratmaq məməkənlüyü öyrənilmişdir. Bu princip çərçivəsində layın istilik enerjisi və ya vurulan istilik daşıyıcısının enerjisi hesabına həyata keçirilən yenilik neftxixarmanın sürətini artırmaq üçün fiziki-kimyəvi əsul kimli təklif edilmişdir. Onun təsir məxanizmını aşağıdakı kimi izah olunur: təklif edilən hazırlanmış gel əmələ gətirən sistemlər ibarət bircincə sulu məhlul laylara vurulur. Layda sistemin komponentlərindən biri (karbamid), layın istilik enerjisi və ya vurulan istilik daşıyıcısının enerjisi hesabına tədricən hidrolizə məruz qalır. Yaranan hidrolizatlar digər komponentlərin proliy tərəflərini dayışdırır, kooperativ fenomen məxanizmını ilə monomer vahidlərinin hidrolitik polikondensasiyasına səbəb olur. Bəzək məhlulun bütün həcmində gel demək olar ki, dərhal əmələ gəlir. Neftverməni artırmaq üçün fiziki-kimyəvi əsul işləyib hazırlanarkən, lay şəraitində alü-

minium duzu-karbamid-su-səthi aktiv maddə sisteminin qeyri-üzvi gel və  $\text{CO}_2$  əmələ gətirmək qabiliyyatına əsaslanaraq, "yaranan reagentlər (bircins çökəmə)" prinsipini həyata keçirilmişdir. Bu sistemə əsaslanan gel əmələ gətirən mayərlər pH 2,5-3,5 olan aşağı özlüklük məhlullardır. Onlar lay süxurunun karbonat mineralarını həll etməyə və gil sıxınlığını azaltmaq (kiçitləməyə) qadırdırlar. İstanbul duzlu sudan istifadə edərək məhlullar hazırlanmışdır. Onlar standart avadanlıqlan istifadə etməklə vurucu quyuları vasitəsilə laylara vurulur.

**Noticə:** kollektorda öz istilik enerjisi və ya vurulan istilik daşıyıcısının enerjisi hesabına karbamid ammonium və karbon qazı əmələ gətirmək üçün hidroliz edilir; məhlulun pH-nin tədrisən artmasına səbəb olur. pH 3,8-4,2 qiymətinə çatıqdə alüminium ionları hidroliza olunur və noticədə müəyyən bir müddətdə alüminium hidroksid gel dördən bütün məhlulun praktiki həcmində əmələ gəlir. Gel əmələ gətirən sistemdəki komponentlərin nisbatından asildir. Layın gələşməsi səbəbindən süxurun su keçiriciliyi 4-35 dəfəyədək azalır. İlkən su ilə doyma və süxur-kollektor keçiriciliyi na qədər yüksəkdirdə, keçiriciliyi azalması dərəcəsi də o qədər böyük olur. Gelin statik sürüşmə gərginliyi 3 ilə 40 Pa arasında dəyişir. Gel əmələ gətirən məhlulda səthi aktiv maddələrin olması lay süxurlarının ıslanmasını intensivləşdirir və bununla mahlulun nüfuzetmə və nefti sıxışdırmaq qabiliyyətini yaxşılaşdırır. Bundan əlavə, səthi aktiv maddələr alüminium hidroksid gelə plastikləşdirici təsir göstərir və karbamidin hidrolizi prosesində əmələ gələn karbon dioksidi və ammoniumu köpükləndirir bilar.

Gelin reoloji xassələri, koaqlıyasiya quruluşunun tiksotrop pseudoplastik gövdəsinə uyğun gəlir. Gelin fərqli bir xüsusiyyəti, gelin özünün statik sürüşmə gərginliyindən dərəcədən az sürüşmə gərginliklərdən onun sulu faza üçün keçiriciliyidir. Gel əmələ gətirən süzülmə axınlarını yenidən təşkilinə səbəb olur, vurucu quyuların qəbuletmə profilini bərabərləşdirir və quyu hasılatının sulaşmasını azaldır.

70-100°C-də gel əmələ gətirəninin kineti-kası karbamid hidrolizi ilə müəyyən edilir, bu, kooperativ bir hadisə kimi həyata keçirilən alüminium hidroksid gel əmələ gətirən prosesi ilə müqayisədə daha yavas gedir. Gel əmələ gətirən müddətinə temperaturun təsiri kimyo-ri reaksiyalar üçün Vant-Hoff qaydasi-nə tabedir: temperatur hər 10 dərəcə artmasında ilə geləmələgəlmə vaxtı 3,5 dəfə artır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Abdullaev M.G. «Еще об одном способе извлечения тяжелых нефей из пласта». Москва, Нефтепромысловое дело, 2017 г. №7, с.31-34.
2. Abdullaev M.G., Исмаилов Ш.З., Исмаилов Ш.З. «Перспективы применения химических методов увеличения нефтеотдачи пластов (ХМУН) на поздней стадии разработки». Международный научно-практическая конференция, 16-17 сентября 2022г. Казахстан, г. Нур-Султан.
3. Алтунина Л.К., Кувшинов В.А., Стасиева Л.А., Дорожев В.П. и Гусев В.В.: (1999) «Полимерные растворы с более низкой критической температурой растворения в технологиях увеличения нефтеотдачи», Нефтехимия, Vol. 39, 1:42
4. Боксерман А., Мищенко И.: (2006) «Потенциал современных методов повышения нефтеотдачи», ТЭК Технологии, 6: 47
5. Газизов А.Ш., Галактионова Л.А., Агадымова В.С., Газизов А.А.: (1998) Нефтяное хозяйство, 2: 12
6. Гумерский Х.Х., Жданов С.А., Гомзиков В.К.: (2000) «Прирост извлекаемых запасов нефти за счет применения методов повышения нефтеотдачи», Нефтяное хозяйство, 5:38
7. Манырин В.Н., Швецов И.А.: (2002) «Физико-химические методы повышения нефтеотдачи при заводнении», Самарское издательство, Самара.
8. Швецов И., Бакаев Г., Кабо В., Перунов В., Соляков Ю.: (1994) Нефтяное хозяйство, 4: 37

9. Сургучев М.Л., Горбунов А.Т., Забродин Д.П., и др.: (1991) «Методы извлечения остаточной нефти», Москва, Недра, str. 424.

10. Altunina L.K., Kuvshinov V.A., and Stasyeva L.A.: (2003) "Effect of in-situ Generated  $\text{CO}_2$  and Alkaline Buffers on Rheological Properties of High-Viscosity Oils", pp. 123-132 in LAKATOS, I. (ed.): Advances in Incremental Petroleum

11. L.W. Lake: (1996): "Enhanced Oil Recovery", Prentice Hall, NJ Production, Progress in Mining and Oilfield Chemistry, Vol. 5, Akademiai Kiado, Budapest.

**Abdullayev M.Q., Mansurova S.I., Abdurəhimov K.V., Hüseynbəyli Q.A., Təmrazlı T.T.**

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti*

**Çətin çıxarla bilən neftlər kateqoriyasına malik neft yataqları üçün perspektivli fiziki-kimyavi neftverimin artırılması üsulları (naü) texnologiyaları**

Məqalədə sulaşdırılma ilə və termokimyəvi təsirlə işlənmiş yataqların neft veriminin artırılması üçün fiziki-kimyavi texnologiyaların laboratoriya tədqiqatlarının nüfuzundan təqdim olunur. Bu texnologiyalar çətin çıxarla bilən ehtiyatları olan yataqlarda da istifadə oluna bilər. Neftverminin yüksəldilməsi üsullarının fiziki və kimyəvi əsasları, kimyəvi sistemlərdən istifadə etməklə hazırlanmışdır: uzun müddət layda neftin sıxışdırılması üçün optimallı olan, özünü tənzimləyən xassələrə malik səthi aktiv maddələrə əsaslanan əmələ gətirən və layda neftin sıxışdırılmasını təmin edən sistemlər.

Çətin çıxarla bilən ehtiyatları olan yataqlar, o cümlədən yüksək özlüklükli neft yataqları üçün neftverminin yüksəldilməsi və suyun təcridi texnologiyaları işlənilər hazırlanmışdır. Çətin çıxarla bilən neft ehtiyatının səmərəli işlənməsi və laya suyun və ya istilik daşıyıcılarının vurulması ilə neft hasılatının artırılması texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi üçün, əsasən layın işlənmesində neftin fiziki-kimyəvi üsullarla çıxarılması texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi yolu ilə, neftin layda sıxışdırılması amilinin yaxşılaşdırılması, eyni zamanda neft hasılatının intensivləşdirilməsi təklif edilir.

**Açar sözlər:** neft, texnologiya, gel, özüntənzimləmə, ehtiyat, neftverimi.

**Abdullaev M.G., Mansurova S.I., Abdurrahimov K.V., Hüseynbəyli G.A., Təmrazlı T.T.**

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti*

**Перспективные технологии физико-химических методов добычи нефти (мдн) на нефтяных месторождениях с категорией трудноизвлекаемых нефтей**

## АННОТАЦИЯ

Представлены результаты лабораторных исследований физико-химических технологий повышения нефтеотдачи месторождений, разрабатываемых заводнением и термохимической обработкой. Эти технологии могут быть использованы на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами. Физико-химические основы МУН разрабатывались с использованием химических систем: гелеобразующих и нефтеутесняющих систем на основе ПАВ с саморегулирующимся комплексом свойств, оптимальных для вытеснения нефти в пласте в течение длительного времени.

Технологии повышения нефтеотдачи и водонизоляции разработаны для месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, в том числе месторождений высоковязких нефей. В целях совершенствования технологий эффективной переработки трудноизвлекаемых ресурсов нефти и увеличения добычи нефти за счет закачки в пласт воды или теплоносителей предлагается повысить степень сжатия нефти в пласте и при

этом добиться интенсификации добычи нефти, усовершенствовать технологии увеличения добычи нефти за счет применения физико-химических методов при разработке пластов.

**Ключевые слова:** нефть, технология, гель, саморегулирование, запас, нефтеотдача.

**Abdullayev M.G., Mansurova S.I.,  
Abdurahimov K.V., Huseyinbeyli G.A.,  
Tamrazli T.T.**

*Azerbaijan State University  
Oil and Industry*

**Prospective physico-chemical oil recovery methods (eor) technologies for oil fields with the category of difficult to extract oils**

## **ABSTRACT**

The results of laboratory studies of physical and chemical technologies for enhanced oil recovery in fields developed by waterflooding and thermochemical treatment are pre-

sented. These technologies can be used in fields with hard-to-recover reserves. The physical and chemical foundations of EOR were developed using chemical systems: gel-forming and oil-displacing systems based on surfactants with a self-regulating set of properties that are optimal for oil displacement in the reservoir for a long time.

Technologies for enhanced oil recovery and water isolation have been developed for fields with hard-to-recover reserves, including deposits of high-viscosity oils. In order to improve the effective processing technologies of hard-to-extract oil reserves and to increase oil production by injecting water or heat carriers into the layers, it is proposed to increase the compression ratio of oil in the layer at the same time, it is proposed to achieve the intensification of oil production, to improve the technologies of increasing oil production by using physico-chemical methods during the processing of layers.

**Key words:** oil, technology, gel, self regulation, reserve, oil recovery.

*Məqaləyə ADNSU-nun professoru,  
t.e.d., Karimov M.Y. rəy vermişdir.*