

<https://doi.org/10.36719/2663-4619/112/175-179>

Azər Əhmədov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant

<https://orcid.org/0009-0002-4100-393X>
azerehmedov2002@gmail.com

Nanotexnologiyanın neft sənayesində tətbiqi və nanomayelərin neft hasilatında innovativ rolu

Xülasə

Nanotexnologiyanın neft və qaz sənayesində, xüsusilə Təkmilləşdirilmiş Neftçixarma (EOR) proseslərində tətbiqi mühüm elmi və texnoloji əhəmiyyət kəsb edir. Nanohissəcik əsaslı nanomayelər süxurların islanma xüsusiyyətlərini dəyişdirməklə, mayelərin reoloji parametrlərini yaxşılaşdırmaqla və neft hasilatının səmərəliliyini artırmaqla bu sahədə innovativ yanaşma kimi çıxış edir. Bu tədqiqat çərçivəsində nanohissəciklərin sabit dispersiyasını təmin edən amillər, səth potensialının rolu və aqreqasiya proseslərinin təsiri araşdırılmışdır. Müşahidələr göstərir ki, nanomayelərin stabilliyi onların kimyəvi tərkibindən, mühitin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən və dispersiya proseslərinin idarə olunmasından asılıdır. Eyni zamanda, ekstremal lay şəraitlərində, o cümlədən yüksək duzluluq, temperatur və təzyiq şəraitində nanomayelərin davamlılığının qorunması və dispersiya xüsusiyyətlərinin optimallaşdırılması əsas tədqiqat istiqamətlərindən biri kimi müəyyən edilmişdir. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, nanomayelərin neft hasilatında effektiv tətbiqi üçün onların stabil dispersiyasının təmin edilməsi və mühitə uyğunlaşdırılması zəruridir. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar nanomayelərin sənaye miqyasında daha geniş tətbiqi və onların neftçixarma proseslərində dayanıqlılığının artırılması baxımından mühüm perspektivlər vəd edir.

Açar sözlər: *nanotexnologiya, nanomaye, polimerlə təsir, təkmilləşdirilmiş neftçixarma üsulları, zeta potensialı*

Azer Ahmadov

Azerbaijan State Oil and Industry University
Master student

<https://orcid.org/0009-0002-4100-393X>
azerehmedov2002@gmail.com

Application of Nanotechnology in the Oil Industry and the Innovative Role of Nanofluids in Oil Extraction

Abstract

The application of nanotechnology in the oil and gas industry, particularly in Enhanced Oil Recovery (EOR) processes, holds significant scientific and technological importance. Nanoparticle-based nanofluids offer an innovative approach in this field by modifying rock wettability, improving the rheological properties of fluids, and enhancing oil recovery efficiency. Within the scope of this research, factors ensuring the stable dispersion of nanoparticles, the role of surface potential, and the impact of aggregation processes have been investigated. Observations indicate that the stability of nanofluids depends on their chemical composition, the physicochemical properties of the environment, and the control of dispersion processes. Additionally, ensuring nanofluid durability and optimizing dispersion properties under extreme reservoir conditions, including high salinity, temperature, and pressure, has been identified as a key research direction. The findings demonstrate that for the effective application of nanofluids in oil extraction, their stable dispersion and environmental adaptability must be ensured. Research in this field presents significant prospects for the broader industrial application of nanofluids and their enhanced durability in oil extraction processes.

Keywords: *nanotechnology, nanofluid, polymer interaction, enhanced oil recovery techniques, zeta potential*

Giriş

Nanotexnologiya metal, metal oksidləri və ya maqnit kimi təsnif edilən nanomiqyaslı (1–100 nm) materialların idarə olunması və tətbiqi ilə məşğul olan bir sahə kimi, müasir elmi və texnoloji tədqiqatların əsas istiqamətlərindən biri hesab olunur. Bu sahənin tətbiq dairəsi genişdir və xüsusilə neft və qaz sənayesində böyük texnoloji dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Təkmilləşdirilmiş Neftçıxarma prosesində nanotexnologiyanın rolu vacibdir, çünki o, mayelərin reoloji göstəricilərini yaxşılaşdırır, süxurların islanma xüsusiyyətlərini dəyişdirir, çıxarılması çətin olan neftin hərəkətililiyini artırır və emulsiyaların sabitliyini təmin edir (Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, 2023, s. 10-22).

Nanohissəciklər əsasən nanoölçülü toz və ya kolloid süspenziya şəklində mövcuddur və sənayedə geniş tətbiq sahəsinə malik mühüm komponentlərdən biri hesab edilir. Neft və qaz hasilatı sahəsində bu hissəciklərin qazma, emal və istehsal proseslərinə inteqrasiyası sənaye əməliyyatlarının daha səmərəli həyata keçirilməsinə şərait yaratmışdır. Nanotexnologiyanın tətbiqi nəticəsində mayelərin axıcılıq xüsusiyyətləri yaxşılaşdırılmış, materialların korroziyaya qarşı dayanıqlılığı artırılmış və ekstremal temperatur, həmçinin yüksək duzluluq şəraitində sabitlik təmin edilmişdir (Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, 2010, s. 25-32).

Bu innovativ texnologiya ənənəvi üsullarla hasilatı çətin və ya mümkün olmayan neft ehtiyatlarının çıxarılmasını əlçatan etmişdir. EOR texnikalarının təkmilləşdirilməsi kontekstində nanomayelərin tətbiqi süxurların tərkibində qalan neftin ayrılma prosesini optimallaşdıraraq hasilatın səmərəliliyini artırmağa imkan yaradır. Bundan başqa, quyu mühitində yüksək təzyiq və temperatur dəyişikliklərinə uyğunlaşmaq qabiliyyəti nanotexnologiyanın tətbiq sahəsini genişləndirmiş və onun neft-qaz sənayesində strateji əhəmiyyətini daha da artırmışdır (Ambaliya, Bera, 2023).

Tədqiqat

Nanomaye, nanohissəciklərin (NH) baza mayesi daxilində bərabər şəkildə paylandığı xüsusi kolloidal sistemdir və ənənəvi mayelərlə müqayisədə yüksək istilik və fiziki sabitlik nümayiş etdirir. Bu inkişaf etmiş dayandırılmış sistemlər adətən qarışdırma, ultrasəsləmə və mexaniki çalxalama kimi üsullarla nanohissəciklərin baza mayeyə daxil edilməsi yolu ilə laboratoriya şəraitində hazırlanır. Onların neft hasilatında və digər neft yataqları ilə bağlı tətbiq sahələrində mühüm potensiala malik olduğu sübut olunmuşdur, çünki bu mayələr lay süxurlarının xüsusiyyətlərini dəyişdirir və mayenin davranışını yaxşılaşdırır (Bera, Babadagli, 2017, pp. 244-256).

Müxtəlif nanomaye tərkibləri arasında silisium əsaslı nanomayələr neft hasilatının səmərəliliyini artırmaqda xüsusi effektivlik nümayiş etdirmişdir. Nanohissəciklərin dayanıqlılığı əsasən onların səth potensialından, daha dəqiq desək, zeta potensialından (ζ-potensial) asılıdır. Yüksək ζ-potensialı nanohissəciklərin homogen dispersiyasını təmin edir, lakin bu potensialın azalması hissəciklərin aqreqasiyasına səbəb olur, nəticədə nanomaye sisteminin qeyri-sabitliyinə gətirib çıxarır (Kakati, Bera, Al-Yaseri, 2022).

Təkmilləşdirilmiş Neft Hasilatı (EOR) sahəsində nanomaye süxur yuma prosesinin uğurla həyata keçirilməsi üçün nanohissəciklərin uzunmüddətli sabitliyinin təmin edilməsi vacib şərtidir. Baza mayesində dispersiya olunmuş nanohissəciklər zaman keçdikcə aqreqasiyaya məruz qalır, bu isə onların dayanıqlılığını zəiflədir və funksional xüsusiyyətlərini azaldır. Nanohissəciklərin dispersiya mexanizmi üzrə aparılan tədqiqatlar bu prosesi tənzimləyən üç əsas mərhələni müəyyən etmişdir (Alsaba, Al Dushaishi, Abbas, 2020):

- 1) Nanohissəciklərin baza mayesi ilə ilkin islanması
- 2) Böyük aqreqatların daha kiçik komponentlərə parçalanması
- 3) Daha uzunmüddətli dayanıqlılığı təmin edən kiçik və daha sabit klasterlərin formalaşması

Nanohissəciklərin süspensiya şəraitində hərəkəti və qarşılıqlı təsiri əsasən Braun hərəkəti ilə tənzimlənir, burada cazibə və itələmə qüvvələrinin tarazlığı onların ümumi sabitliyinə təsir göstərir. Nanohissəciklərin bərabər paylanmasını təmin etmək üçün itələmə qüvvələri cazibə qüvvələrindən üstün olmalıdır; əks halda, yumşaq və ya sərt aqreqatlar əmələ gələrək nanomayenin effektivliyini

azaldır. Zeta potensialı ölçmələri sabitliyin əsas göstəricisi hesab olunur, çünki yüksək dəyərlər daha güclü itələmə qüvvələrinə işarə edir və nəticədə daha sabit nanohissəcik dispersiyasına səbəb olur (Kakati, Bera, Al-Yaseri, 2022; Panchal, Patel, Patel, Shah, 2021, pp. 204-212).

Bütün bu üstünlüklərinə baxmayaraq, nanomayelərin ekstremal lay şəraitlərində sabitliyini qoruyub saxlaması böyük çətinlik yaradır. Yüksək duzluluq, ekstremal temperatur və yüksək təzyiq nanohissəciklərin davranışına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir, onların aqreqasiya meylini artırır və uzunmüddətli effektivliyini azaldır. Bu problemlərin həlli davamlı elmi tədqiqatlar və nanomaye formulalarının optimallaşdırılmasını tələb edir, bununla da real neft hasilatı proseslərində tətbiq imkanlarının artırılması hədəflənir (Sun, Zhang, Chen, Gai, 2017, p. 345).

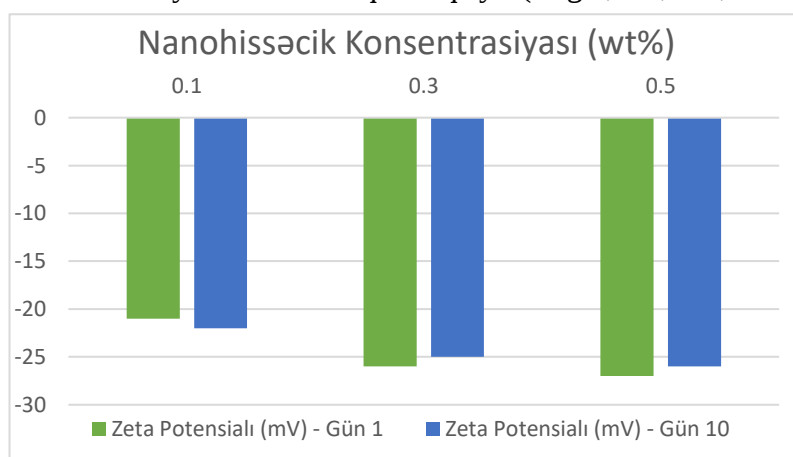
Nanohissəciklərin sabitliyini analiz etmək və təkmilləşdirmək üçün bir neçə qiymətləndirmə metodu tətbiq olunur:

- 1) Vizual çöküntü analizləri – zamanla çökmə və ya qeyri-sabitlik əlamətlərini aşkar edir.
- 2) Hissəcik ölçüsü təhlili – dispersiyanın dərəcəsini müəyyən etmək üçün istifadə olunur.
- 3) Zeta potensialı təhlili – itələmə qüvvələrinin gücünü ölçür və dispersiya sabitliyini proqnozlaşdırır.

Bu diaqnostik üsullar EOR və digər sənaye tətbiqləri üçün nanomayelərin effektivliyini artırmaqda mühüm rol oynayır. Nanomayelərdə nanohissəciklərin sabitliyini yalnız vizual müşahidə ilə qiymətləndirmək qeyri-kafi hesab olunur. Bunun əvəzinə, polimer–nanohissəcik/nanomaye sisteminin sabitliyini yoxlamaq üçün ətraflı təhlil aparılmış və hissəcik ölçüsünün paylanması və zeta potensialı dəyərləri araşdırılmışdır. Aşağıdakı cədvəldə göstəriləyi kimi, nanohissəcik klasterlərinin ölçüləri müxtəlif konsentrasiyalar (0,1%-dən 0,5 wt%-ə qədər) üzrə 10 gün ərzində müşahidə edilmişdir. Nanohissəciklərin konsentrasiyası ilə klaster ölçüsü arasında birbaşa əlaqə qeydə alınmışdır, çünki konsentrasiyanın artması ilə ölçülər təxminən 3500–5000 nm arasında dəyişmişdir. Lakin 10 gün sonra aqreqasiya ölçülərində yalnız cüzi dəyişikliklər aşkar edilmişdir, bu da sistemin struktur baxımından sabit qaldığını göstərmişdir (Sircar, Rayavarapu, Bist, Yadav, Singh, 2022, pp. 77-90; Qasımzadə, 2019, s. 45-60).

Sıra	Polimer Konsentrasiyası (ppm)	Nanohissəcik Konsentrasiyası (wt%)	Diametr (µm)	
			Gün 1	Gün 10
1	6000	0,1	3,97	3,71
2	6000	0,3	4,48	4,16
3	6000	0,5	4,62	4,01

Zaman keçdikcə klaster ölçülərində müşahidə olunan kiçik dəyişikliklər, əsasən iri aqreqatların çökməsi, kiçik hissəciklərin isə süspensiya vəziyyətində qalması ilə izah olunur, bu da nanomayenin sabitliyini daha da gücləndirir. Aşağıdakı şəkildə 6000 ppm ksantan saqqızı məhlulu ilə 0,1–0,5 wt% silisium nanohissəciklərinin birləşməsindən alınan zeta potensialı dəyərləri göstərilmişdir. Ölçülmüş zeta potensialı dəyərləri –21 ilə –27 mV arasında dəyişmiş, sapmalar isə $\pm 2\%$ -dən çox olmamışdır. 10 gün ərzində zeta potensialında qeydə alınan dəyişikliklər yalnız $\sim 2\%$ ilə 4% arasında məhdud qalmışdır, bu da nanomaye sisteminin sabitliyini əlavə olaraq təsdiqləyir (Negin, Ali, Xie, 2016, pp. 323-333).



Optimal sabitliyin təmin olunması üçün nanomaye zeta potensialı dəyərlərinin ± 30 mV-dən yuxarı olmasını nümayiş etdirməlidir. Lakin bu halda, lay suyunda həll olunmuş ionların mövcudluğu sistemin bu həddi aşmasına mane olmuşdur. İon tərkibinin zeta potensialına təsiri isə əvvəlki tədqiqatlarda ətraflı şəkildə araşdırılmışdır. Bundan əlavə, polimerin optimal konsentrasiyası 5000 ppm olaraq müəyyən edilmişdir və bu nəticə emulsiya performansının qiymətləndirilməsi əsasında əldə olunmuşdur (Das, Dutta, 2019, p. 1-19).

Nəticə

Nanotexnologiyanın neft və qaz sənayesində tətbiqi, xüsusilə Təkmilləşdirilmiş Neftçıxarma (EOR) proseslərində mühüm rol oynayır. Nanomayelər və nanohissəciklər neft hasilatını optimallaşdıraraq süxurların islanma qabiliyyətini dəyişdirir, mayelərin reoloji xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırır və emulsiyaların sabitliyini artırır.

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, silisium əsaslı nanomayelər neft hasilatında yüksək effektivlik nümayiş etdirir, lakin nanohissəciklərin sabitliyi əsas məhdudiyyətlərdən biridir. Zeta potensialı dispersiyanın stabil qalmasını təmin edən əsas amildir və bunun optimallaşdırılması nanomayelərin uzunmüddətli istifadəsi üçün vacibdir.

Yüksək duzluluq, təzyiq və temperatur şəraitində nanomayelərin sabitliyinin qorunması əsas çağırışlardan biri olaraq qalır. 5000 ppm polimer konsentrasiyası optimal sabitlik üçün müəyyən edilmişdir, lakin lay suyundakı ionlar zeta potensialının ideal səviyyəyə çatmasına mane olmuşdur.

Ümumilikdə, nanotexnologiyanın EOR sahəsində tətbiqi böyük potensiala malikdir, lakin sabitlik problemlərinin həlli və formulaların təkmilləşdirilməsi bu texnologiyanın geniş sənaye istifadəsinə imkan yaratmaq üçün həlledici faktorlardır.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. (2010). *Neft sənayesində nanotexnologiyanın tətbiqi*. ANL, 25-32.
2. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. (2023). *Azərbaycanda nanotexnologiya sahəsində aparılan tədqiqatlara dair*. AMEA, 10-22.
3. Alsaba, M. T., Al Dushaishi, M. F., & Abbas, A. K. (2020). A comprehensive review of nanoparticles applications in the oil and gas industry. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 10(4), 1389-1399. DOI: 10.1007/s13202-019-00825-z
4. Ambaliya, M., & Bera, A. (2023). A perspective review on the current status and development of polymer flooding in enhanced oil recovery using polymeric nanofluids. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 62(6), 2444-2459. DOI: 10.1021/acs.iecr.2c04582
5. Bera, A., & Babadagli, T. (2017). Effect of native and injected nano-particles on the efficiency of heavy oil recovery by radio frequency electromagnetic heating. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 153, 244-256. DOI: 10.1016/j.petrol.2017.03.051
6. Das, B., & Dutta, D. (2019). A review of nanotechnology applications in the oil and gas industries. *Resource-Efficient Technologies*, 4, 1-19. DOI: 10.1016/j.reffit.2019.01.003
7. Qasımzadə, Ş. (2019). *Azərbaycanın neft sənayesində nanotexnologiyalardan istifadə*. Azərbaycan Universiteti, 45-60.
8. Negin, C., Ali, S., & Xie, Q. (2016). Application of nanotechnology for enhancing oil recovery – A review. *Petroleum*, 2(4), 324-333. DOI: 10.1016/j.petlm.2016.10.002
9. Kakati, A., Bera, A., & Al-Yaseri, A. (2022). A review on advanced nanoparticle-induced polymer flooding for enhanced oil recovery. *Chemical Engineering Science*, 262, 117994. DOI: 10.1016/j.ces.2022.117994
10. Panchal, H., Patel, H., Patel, J., & Shah, M. (2021). A systematic review on nanotechnology in enhanced oil recovery. *Petroleum Research*, 6(3), 204-212. DOI: 10.1016/j.ptlrs.2021.03.003
11. Sircar, A., Rayavarapu, K., Bist, N., Yadav, K., & Singh, S. (2022). Applications of nanoparticles in enhanced oil recovery. *Petroleum Research*, 7(1), 77-90. DOI: 10.1016/j.ptlrs.2021.08.004

12. Sun, X., Zhang, Y., Chen, G., & Gai, Z. (2017). Application of nanoparticles in enhanced oil recovery: a critical review of recent progress. *Energies*, 10(3), 345. DOI: 10.3390/en10030345

Daxil oldu: 16.11.2024

Qəbul edildi: 25.02.2025