

## Применение нанополимерных систем для снижения обводненности продукции

Б.А. Иманбаев<sup>1</sup>, Н.С. Шиланов<sup>1</sup>,  
А.Я. Хавкин, д.т.н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал ТОО "КМГ Инжиниринг"  
"КазНИПИмунайгаз",

Республика Казахстан,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина,  
Россия

**Ключевые слова:** полимерная система, дебит, обводненность.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-11-39-42

e-mail: aykhavkin@yandex.ru

### Məhsulun sulaşmasının azaldılması məqsədilə nanopolimer sistemlərin tətbiqi

B.A. İmanbayev<sup>1</sup>, N.S. Şilanov<sup>1</sup>, A.Y. Xavkin, t.e.d.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"KMG İnjiniring" MMY-nin filialı, "QazETLİmunayqaz",  
Qazaxıstan,

<sup>2</sup>I.M. Qubkin adına Rusiya Dövlət Neft və Qaz Universiteti  
(MTU), Rusiya

**Açar sözlər:** polimer sistem, debit, sulaşma.

Qazaxıstanın sulaşması 80–90 % təşkil edən, quyuların debiti aşağı olan yüksəközlüklü neft yatağında, məhsulun sulaşmasının azaldılması üçün polimer nanosistemin vurulması ilə aparılan sınaq-sənaye işlərinin nəticələri şərh edilir. On ay ərzində aparılan sınaq-sənaye işlərinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi göstərirdi, texnoloji effekt vurulan 1 t quru polimerə 100 t neft təşkil etmişdir, sulaşma 2 % azalmışdır, neftin debiti 20 % artmışdır.

### Implementation of nanopolymer systems for reducing production watercut

B.A. İmanbayev<sup>1</sup>, N.S. Şilanov<sup>1</sup>,

A.Ya. Khavkin, Dr. in Tech.Sc.<sup>2</sup>

Branch of "KMG Engineering" LLP "KazSRPİmunaygaz",  
Republic of Kazakhstan,

<sup>2</sup>RSU of Oil and Gas named after I.M. Gubkin, Russia

**Keywords:** polymer system, recovery rate, watercut.

The paper deals with the industrial experiment works carried out in Kazakhstan on the injection of pseudoplastic polymer nanosystem for reducing production watercut in the oil field with high viscous oil with 80-90 % watercut and low oil recovery rate. The estimation of efficiency justified that during ten months after industrial experiment works conducted, technological effect was more than 100 t of oil for 1 t of injected dry polymer, and the increase of oil recovery rate was 2 % while watercut decreased for 20 %.

Метод полимерного воздействия изучается с конца 1950-х гг. Приоритетные работы по развитию и применению полимерных растворов для повышения нефтеотдачи были опубликованы в США и СССР в середине 1960–1970-х гг. В последние годы интерес к применению полимерных систем для повышения эффективности добычи нефти существенно вырос. Активизация применения полимерных растворов отмечена в ряде нефтедобывающих стран: Азербайджане, Аргентине, Бразилии, Венесуэле, Канаде, Китае, Колумбии, Суринаме, США, России, Франции [1].

В современных экономических условиях применение полимерных систем (с учетом развития технологии их получения) для вытеснения нефти стало оправдано уже при технологическом эффекте более 80 т нефти на 1 т закачанного сухого полимера, а стоимость увеличения добычи нефти может составлять 3–6 долл. США за баррель [2].

Полимер является наноразмерным объектом. Особенность наноразмерных свойств полимерных систем проявляется в сорбировании части полимера породой, поведении наноразмерных полимерных агрегатов как твердых частиц, забивающих часть пор, существенном влиянии скорости движения полимерного раствора на его вязкость [3–6]. Для выбора используемого полимера (оптимальных молекулярного веса и реологии полимера), при проведении лабораторных исследований необходимо учитывать ряд факторов, прежде всего проницаемость пласта и вязкость нефти [7].

Для повышения эффективности разработки нефтяного месторождения Жалгизтобе в Мангистауской области Казахстана, разрабатываемого с 2009 г. поддержанием пластового давления путем закачки горячей воды по всей площади залежи, был выбран псевдопластичный полимерный реагент [8–10].

Были исследованы реологические свойства реагента при концентрации 0.5–1 %. Исследования показали псевдопластичный характер раствора и рост вязкости системы со временем (реопектический флюид) в несколько раз (рис. 1, 2).

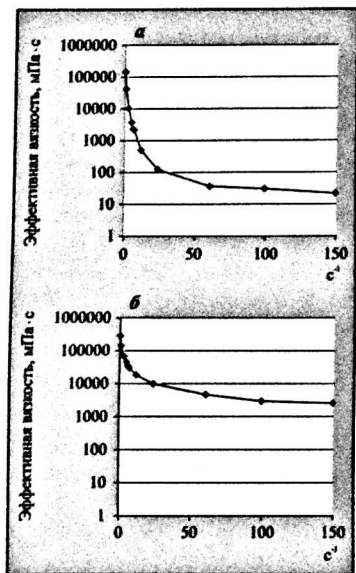


Рис. 1. Зависимость эффективной вязкости раствора реагента от скорости сдвига  $c^{-1}$  при 68 °С до гелеобразования (а) и после (б)

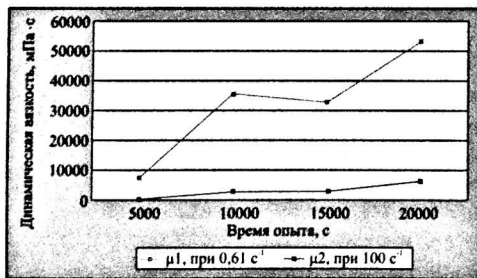


Рис. 2. Зависимости вязкости раствора реагента от времени гелеобразования при постоянной температуре (68 °С)

Низкие значения вязкости при высоких скоростях сдвига позволяют эффективно закачать псевдопластичный реагент в пласт, после чего реагент со временем становится все более вязким. Поскольку в теле пласта скорости сдвига очень небольшие, это еще больше снижает подвижность раствора псевдопластичного полимера.

Продуктивные отложения месторождения Жалгизтобе представлены неравномерным чередованием слабосцементированных песчаников и алевролитов, карбонатных песчаников и алевролитов, глин и единых тонких прослоев мергеля и карбонатных пород. Разброс проницаемости составляет 0.03–7.4 мкм<sup>2</sup>, вязкость нефти в пластовых условиях 846 мПа·с. Пласт залегает на глубине 430 м. Коэффициент расчлененности составляет 4.5, коэффициент песчанности – 0.6 (рис. 3).

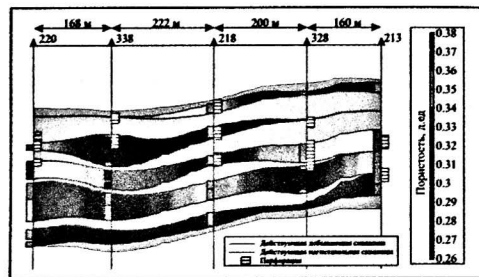


Рис. 3. Геологический разрез по линии скважин 220-338-218-328-213

Воды месторождения Жалгизтобе – это хлоркальциевые рассолы с минерализацией 35–55 г/л, существенно снижающие вязкость полимерного раствора относительно затворения полимера в пресной воде. Воды изменяются от слабокислых до нейтральных. Содержание ионов кальция в водах не превышает концентрации 2000 мг/л, магния – 720 мг/л, гидрокарбонатов – 915 мг/л. Содержание сульфатов в среднем составляет 117 мг/л, гидрокарбонатов 333 мг/л. Концентрация ионов железа в среднем равна 23 мг/л.

Добывающие скважины характеризуются низкими дебитами по нефти 1–7 т/сут и высокой обводненностью 60–90 %, которая стабильно росла с самого начала разработки. Примесимость большинства скважин составляет 60–120 м<sup>3</sup>/сут.

С целью повышения эффективности заводнения на месторождении Жалгизтобе на

участке нагнетательной скв. 218 11–16 декабря 2019 г. были осуществлены опытно-промышленные работы (ОПР) по реализации полимерной технологии [4, 7, 8].

Общий объем закачанной композиции в скв. 218 составил 400 м<sup>3</sup> при меняющейся концентрации 0.5–1 % (5.3 т сухого реагента). Находящиеся рядом нагнетательные скважины практически не изменили режимы работы. В период закачки композиции наблюдалось снижение приемистости и повышение давления закачки в связи с повышением фильтрационного сопротивления, с последующим восстановлением этих параметров до первоначального уровня: закачанный реагент работал как потокорегулирующая система в глубине

пласта.

По состоянию на 10 месяцев после ОПР оцененная (по терминологии работы [11]) накопленная дополнительная добыча нефти по характеристикам вытеснения превысила 550 т, а обводненность относительно базового варианта снизилась на 2 %.

Таким образом, при ОПР достигнут технологический эффект более 100 т дополнительной добычи нефти на тонну закачанной полимерной системы. Учитывая механизм влияния загущающих систем на процесс вытеснения нефти [4, 11], технологический эффект с течением времени (увеличением объема закачки проталкивающей воды) будет только увеличиваться.

### Список литературы

1. Хавкин А.Я., Кадет В.В., Хавкин Б.А. О тенденциях развития полимерных EOR-технологий // Естественные и технические науки, 2020, № 12, с. 138-145.
2. Дюпои Г. Экономически эффективный метод повышения нефтеотдачи пласта и снижения углеродоемкости с помощью полимерного заводнения и модульных технологических установок / Г. Дюпои, Я. Ньеверф (SNF Holding Company, Франция) // Территория НЕФТЕГАЗ, 2020, № 9-10, с. 38-41.
3. Григоращенко Г.И., Зайцев Ю.В., Кукин В.В. и др. Применение полимеров в добыче нефти. – М.: Недра, 1978, 213 с.
4. Хавкин А.Я. Физика нефтегазовых пластов и нелинейные явления: учеб. пособие. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, 2019, 288 с.
5. Scientific Israel – Technological Advantages. Dr. prof. E.Shahbazov. 128 s., Baku 2019.
6. Шахбазов Э.Г. Нанотехнологии в нефтяной промышленности. – Баку, 2012, 231 с.
7. Abidin A.Z., Puspasari T., Nugroho W.A. Polymers for enhanced oil recovery technology // Procedia Chem., 2012, vol. 4, pp. 11-16.
8. Применение потокоотклоняющей технологии на нефтяном месторождении Жалгизтобе / Б.А.Иманбаев, Т.Торбеев, А.А.Энгельс, А.Я.Хавкин // Современные технологии извлечения нефти и газа. Перспективы развития минерально-сырьевого комплекса (российский и мировой опыт). III Международная научно-практическая конференция имени В.И.Кудинова 21-22 мая 2020 г. – Ижевск: Изд. дом “Удмуртский университет”, 2020, с. 69-73.
9. Хавкин А.Я., Иманбаев Б.А., Шиланов Н.С. Особенности применения псевдопластичных полимерных систем в EOR-технологиях // Вестник технологического университета, 2021, т. 24, № 2, с. 46-48.
10. Иманбаев Б.А., Бисекенов Т., Сагындинов М.С., Хавкин А.Я. Применение потокоотклоняющей технологии на Жалгизтобе // Нефть. Газ. Новации, 2021, № 3, с. 9-12.
11. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра, 1985, 308 с.

## References

1. *Khavkin A.Ya., Kadet V.V., Khavkin B.A.* O tendentsiyakh razvitiya polimernykh EOR-tehnologiy // *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2020, No 12, s. 138-145.
2. *Dyupyui G.* Ekonomicheski effektivniy metod povysheniya nefteotdachi plastu i snizheniya uglevodородomkosti s pomoshch'yu polimernogo zavodneniya i modul'nykh tekhnologicheskikh ustanovok / *G. Dyupyui, Ya. N'yeverf (SNF Holding Company, Frantsiya)* // *Territoriya NEFTEGAZ*, 2020, No 9-10, s. 38-41.
3. *Grigorashchenko G.I., Zaytsev Yu.V., Kukhin V.V. i dr.* Primenenie polimerov v dobyche nefi. – M.: Nedra, 1978, 213 s.
4. *Khavkin A.Ya.* Fizika neftegazovykh plastov i nelineynykh yavleniy: ucheb. posobie. – M.: RGU nefi i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina, 2019, 288 s.
5. *Scientific Israel – Technological Advantages.* Dr. prof. E. Shahbazov. – Baku, 2019, 128 s.
6. *Shakhbazov E.G.* Nanotekhnologii v nefyanoy promyshlennosti. – Baku, 2012, 231 s.
7. *Abidin A.Z., Puspasari T., Nugroho W.A.* Polymers for enhanced oil recovery technology // *Procedia Chem.*, 2012, vol. 4, pp. 11-16.
8. *Primenenie potokootklonyayushchey tekhnologii na nefyanom mestorozhdenii Zhalgiztobe / B.A. Imanbaev, T. Torbeev, A.A. Engel's, A. Ya. Khavkin* // *Sovremennye tekhnologii izvlecheniya nefi i gaza. Perspektivy razvitiya mineral'no-syr'yevogo kompleksa (rossiyskiy i mirovoy opyt). III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya imeni V.I. Kudinova*, 21-22 maya 2020 g. – Izhevsk: Izd. dom "Udmurtskiy universitet", 2020, s. 69-73.
9. *Khavkin A.Ya., Imanbaev B.A., Shilanov N.S.* Osobennosti primeneniya psevdoplastichnykh polimernykh sistem v EOR-tehnologiyakh // *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2021, t. 24, No 2, s. 46-48.
10. *Imanbaev B.A., Bisekenov T., Sagyndikov M.S., Khavkin A.Ya.* Primenenie potokoreguliruyushchey tekhnologii na Zhalgiztobe // *Nefi' Gaz. Novatsii*, 2021, No 3, s. 9-13.
11. *Surguchev M.L.* Vtorichnye i tretichnye metody uvelicheniya nefteotdachi plastov. – M.: Nedra, 1985, 308 s.