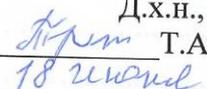


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ХИМИИ  
Кафедра органической и экологической химии

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ  
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ  
ЗАИМСТВОВАНИЯ

Заведующий кафедрой  
Д.х.н., профессор

 Т.А., Кремлева  
18 июня 2019г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

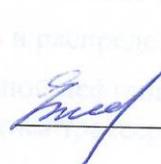
(магистерская диссертация)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ МЕТОДИК ТРАССЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ НА ДЕЗИНТЕГРИРОВАННОМ И МОНОЛИТНЫХ  
КЕРНАХ

04.04.01 Химия

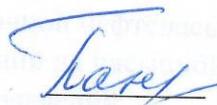
Магистерская программа «Химия нефти и экологическая безопасность»

Выполнила работу  
Студенка 2 курса  
очной формы обучения



Ежова  
Алина  
Вячеславовна

Научный руководитель  
Д.х.н  
Профессор



Паничева  
Лариса  
Петровна

Рецензент  
К.х.н,  
Профессор кафедры  
Неорганической  
и физической химии



Хритохин  
Николай  
Александрович

г. Тюмень, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР</b> .....	7
1.1 Принцип оценки нефтенасыщенности по результатам трассерных исследований .....	7
1.2 Влияние неоднородного геологического строения на интерпретацию данных трассерных тестов .....	17
1.3 Сложные эфиры и этерификация.....	19
1.4 Реакция переэтерификации в водных средах.....	23
1.5 Газовая хроматография для расчета компонентов .....	24
<b>ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b> .....	26
2.1 Оборудование, реактивы и материалы.....	26
2.2 Подбор режима хроматографического анализа .....	27
2.3 Приготовление водной фазы, имитирующей пластовую воду .....	28
2.4 Приготовление раствора метанола и исходного трассера (этилацетата) .....	28
2.5 Приготовление ПАВ-полимерной композиции .....	28
2.6 Методика эксперимента на насыпной колонке.....	29
2.7 Анализ заводнения керна .....	32
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ</b> .....	33
3.1 Определение констант гидролиза и распределения трассеров (SWTT) .....	33
3.2 Определение исходной и остаточной нефтенасыщенности после ПАВ-полимерного заводнения по результатам трассерных исследований на насыпной колонке .....	36
3.3 Определение исходной и остаточной нефтенасыщенности по результатам трассерных исследований на насыпной колонке при фильтрации жидкости в одном направлении.....	37
3.4 Доля SP- P- и W-оторочек в величине КИН при ПАВ-полимерном заводнении на цементированном керне .....	39
3.5 Определение исходной и остаточной нефтенасыщенности по результатам трассерных исследований на цементированном керне в пластовых условиях при фильтрации жидкости в одном направлении.....	40
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	42
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	43

## ВВЕДЕНИЕ

Новые достижения в области химических методов повышения нефтеотдачи говорят о том, что наибольшей эффективностью обладают композиции ПАВ, образующие среднюю фазу, т.н. микроэмульсию, в условиях пласта, что соответствует снижению межфазного натяжения до сверхнизких значений. Однако, при этом структура и состав ПАВ должны соответствовать определенным требованиям. В связи с этим актуальной задачей является разработка и подбор эффективных химических реагентов для обоснования технологии ПАВ-полимерного заводнения.

Метод проб и ошибок для создания ПАВ с заданными свойствами является крайне неэффективным. По этой причине методы прогнозирования на основе математических моделей, связывающих свойства со структурой и строением молекул на основе известных экспериментальных данных, имеют большое практическое значение.

Разработка высокоэффективных новых классов ПАВ с использованием различных методов моделирования структуры молекулы и совершенствование алгоритмов лабораторных исследований позволят вывести химическое заводнение на новый уровень, оптимизировать структуру и состав химических реагентов с учетом типа нефти и самых различных пластовых условий, и таким образом повысить нефтеотдачу пластов экономически эффективным способом.

В целях увеличения экономической эффективности разработки углеводородного сырья, сокращения прямых капиталовложений, а также создания оптимальных условий для реинвестирования капитала применяются различные способы повышения нефтеотдачи во время всего срока разработки месторождения, который разделен на три основных этапа (рисунок 1.1).

На первом этапе для добычи нефти по возможности используется естественная энергия месторождения (пластовое давление), в том числе упругая энергия, энергия растворенного газа, законтурных вод, газовой шапки, а также потенциальная энергия гравитационных сил. На практике при разработке

месторождений в естественном режиме объем нефтеотдачи варьируется от 5% до 15%.

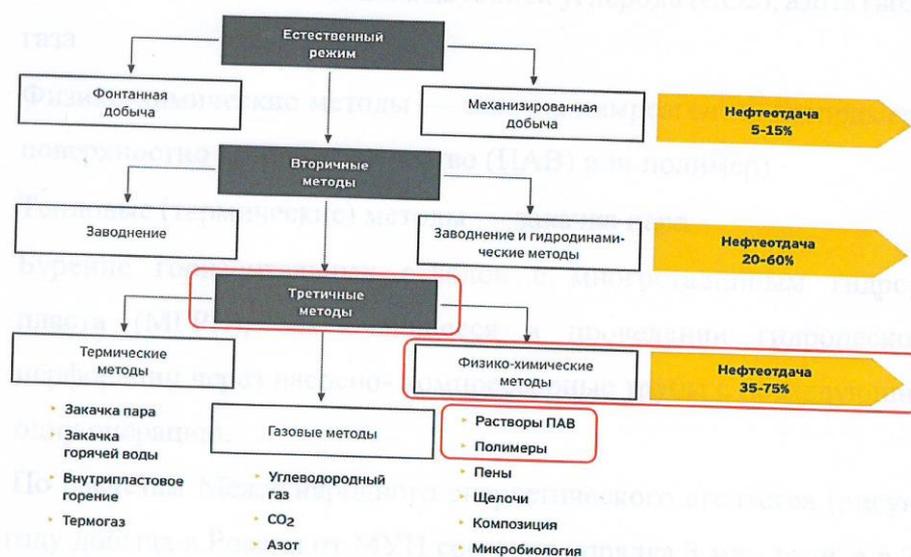


Рисунок 1.1 - Методы извлечения углеводородов

На втором этапе реализуются методы поддержания пластового давления путем закачки воды, которые обеспечивают нефтеотдачу на уровне от 20% до 60%.

На третьем этапе, когда месторождение уже характеризуется высокой степенью обводненности и истощенности, для повышения эффективности разработки применяются методы увеличения нефтеотдачи. Именно эти методы повышают уровень нефтеотдачи пласта на 35–75%.

Следует отметить, что применяемые технологии и методы улучшения (вторичные) или увеличения (третичные) нефтеотдачи в значительной мере дополняют друг друга. При этом не существует четкого определения того, какие методы следует относить к вторичным, а какие — к третичным. Исходя из этого, разные статистические источники содержат отличающиеся фактические данные по охвату применения современных МУН. Однако с течением времени в профессиональном сообществе сложились определенные традиции, и в

# ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Глава изъята автором

## ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Глава изъята автором

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Глава изъята автором

## ВЫВОДЫ

Глава изъята автором

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tomich, J.F., Dalton, Jr., R.L., Deans, H.A. and Shallenberger, L.K. 1972 "Single-Well Tracer Method to Measure Residual Oil Saturation" SPE 3792 presented at SPE Symposium on IOR, held in Tulsa, OK April 16-19.
2. Bush, M., Mansfield, M. and Williams, G. 2004 "Top-Down Reservoir Modelling", SPE 89974 in proceedings at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Houston, Texas, U.S.A., 26-29 September.
3. Cockin, A.P., Malcolm, L.T., McGuire, P.L., Giordano, R.M., and Sitz, C.D. 2000 "Analysis of a Single-Well Chemical Tracer Test To Measure the Residual Oil Saturation to a Hydrocarbon Miscible Gas Flood at Prudhoe Bay," 2000 SPE Reservoir Eval. & Eng. 3 (6), December 544-551.
4. Hernández, C., Chacón, L., Anselmi, L, Angulo, R., Manrique, E., Romero, E., de Audemard, N., and Carlisle, C. 2002 "Single Well Chemical Tracer Test to Determine ASP Injection Efficiency at Lagomar VLA-6/9/21 Area, C4 Member, Lake Maracaibo, Venezuela" SPE 75122 presented at SPE/DOE IOR Symposium held in Tulsa, OK, 13-17 April.
5. Jerauld, G.R., Lin, C.Y, Webb, K.J., and Seccombe, J.C. 2006 "Modeling Low-Salinity Waterflooding" SPE 102239, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, TX, 24-27 September.
6. McGuire, P. L., Chatam, J.R. Paskvan, F. K., Sommer, D.M. and Carini, F. H. 2005 "Low salinity oil recovery: an exciting opportunity for Alaska's North Slope" SPE 93903 presented at the Western Regional Meeting held in Irvin, CA, 30 March - 1 April.
7. Mechergui A., Agenet N., Romero C., Ngyuen M. Design, operation, and laboratory work for single-well tracer test campaign in handil field Indonesia. SPE 165227. 2013. P. 1 - 3.
8. Fortenberry R., Siniga P., Delshad M., 2015, Ultimate EOR Services,

- University of Texas at Austin, "Design and Demonstration of New Single-Well Tracer Test for Viscous Chemical Enhance-Oil-Recovery Fluids. SPE Journal
9. Peter X. Bu, Abdulkareem M. Al Sofi, Jim Liu, Lajos Benedek, Ming Han. Simulation of single well tracer tests for surfactant-polymer flooding. // J Petrol Explore Prod Technol. 2014. P. 2.
  10. Khaledialidusti R., Kleppe J., 2015 "Numerical Interpretation of Single Well Chemical Tracer Tests to Determine Residual Oil Saturation in Snorre Reservoir, SPE-174378-MS
  11. Seetharam, R.V. and Deans, H.A. 1986 "CASTEM-A new Automated Parameter-Estimation Algorithm for Single- Well Tracer Tests" Paper (SPE 15435) presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in New Orleans, Oct.5-8.
  12. Соколовский Э.В., Соловьев Г.Б., Тренчиков Ю.И. Индикаторные методы изучения нефтегазоносных пластов. М.: Недра. 1986. С. 157.
  13. Serres Pio C., Moradi Tehrani N., Allanic C., Jullia H., Lobinski R. Water tracers in oilfield applications: Guidelines // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2012.V . 98-99. P. 22-39.
  14. Wu, B., Cheng, H., Childs, J.D., Sabatini, D.A. "Surfactant-enhanced Removal of hydrophobic Oils from Source Zones" Physicochemical Groundwater Remediation. 2002. P. 245-249.
  15. Huseby, O., Sagen J., Dugstad O. "Single Well Chemical Tracer Tests — Fast and Correct Simulations". SPE-155608-MS, SPEEOR Conference at Oil and Gas West Asia. 2012. P. 16 – 18.
  16. Патент США, № 4 099 565, 1978.
  17. Nelson, R.C., Pope, G.A. Phase Relationship in Chemical Flooding // SPE

- J. 1978. №18, P. 265.
18. Трофимов А.С., Бердников С.В., Кривова Н.Р. и др. Обобщение индикаторных (трассерных) исследований на месторождениях Западной Сибири / Под ред. А.С. Трофимова // Территория нефтегаз. 2006. №12. С. 72.
19. Oyemade S.N. "Alkaline-surfactant-polymer flood: single well chemical tracer tests-design, implementation and performance". SPE EOR conference at oil & gas. Muscat. 2010. P. 19 – 21.
20. Патент США, №3623842, 1971.
21. Sung M., Chen B.H. Using aliphatic alcohols as gaseous tracers in determination of water contents and air-water interfacial areas in unsaturated sands // Journal of Contaminant Hydrology. 2011. V. 126. № 3–4. P. 226–234.
22. Jerauld G., Mohammadi H., Webb K. "Interpreting Single Well Chemical Tracer Tests". SPE paper 129724. SPE Improved Oil Recovery Symposium. Tulsa, Oklahoma, USA: 2010. P. 24 – 28.
23. Tomich J.F., Dalton Jr. R.L., Deans H.A., Shallenberger L.K. "Single Well Tracer Method to Measure Residual Oil Saturation". 1973. P. 211-218.
24. Novosad J., Maini B., Batycky J. "A Study of Surfactant Flooding at High Salinity and Hardness". 1982. P. 833 – 839.
25. Deans H.A., Carlisle C.T. "Single Well Tracer Test in Complex Pore Systems". SPE Fifth Symposium on Enhanced Oil Recovery. 1986. P. 5 – 11.
26. Shah D.O., Schechter R.S. Improved Oil Recovery by Surfactant and Polymer Flooding. NY: Academic Press. 1977. P. 12 – 15.

27. Ben Shiau B.J., Tzu-Ping Hsu, Wei Wan, Zhixun Lin, Bruce L. Roberts. Improved oil recovery by chemical flood from high salinity reservoirs. SPE 154260. 2012. P. 7 – 19.
28. Mohammed Al Abbad, Modiu Sanni, Sunil Kokal, Ibrahim Zefzafy, Frederick Adam. Single-well chemical tracer test for residual oil measurement: field trial and case study. SPE-182811-MS. 2016. P. 2 – 8.
29. Химическая энциклопедия Т.5 / под ред. Н.С. Зефирова. М: 1998.
30. "The Chemistry of Carboxylic Acids and Esters", ed. S. Patai, Wiley, London, 1969.
31. E. K. Euranto, сс. 1, chapter 11.
32. C. K- Ingold, "Structure and Mechanism in Organic Chemistry", 2nd edn., Bell, London, 1969, chapter 15.
33. J. P. Hardy, S. L. Kerrin, and S. L. Manatt, J. Org. Chem., 1973, 38, 4196.
34. F Cortese and L. Bauman, J. Amer. Chem. Soc, 1935, 57, 1393.
35. Org. Synth. Coll. Vol. 1, 2nd edn. (1941), Coll. Vol. 2 (1943), Coll Vol 4 (1963), and Vols. 40—56 (1960—1977).
36. R. L. Stern and E. N. Bolan, Cliem. and Ind. (London), 1967, 825.
37. Общая органическая химия. / Под ред. Д.Бартона и У.Д. Оллиса. Т.4. – Пер. с англ./Под ред.Н.К Кочеткова и Э.Е. Нифантьева. М.: Химия, 1983.
38. I. Koskikallio, Ref. 1, chapter 3; A. G. Davies and J. Kenyon, Quart. Rev., 1955, 9, 203; M. L. Bender, Chem. Rev., 1960, 60, 53
39. A. R. Bader, L. O. Cummings, and H. A. Vogel, J. Amer. chem. Soc. 1951, 73, 4195.
40. O. P. Goel and R. E. Seamans, Synthesis, 1973, 538.
41. A. Verley, Bull. Soc. chim. France, 41, 803 (1927).
42. Высокоэффективная газовая хроматография. / Под ред. К. Хайвера / Пер. с англ. М. А. Кожевник. / под ред. В. Г. Березкина. / Москва «МИР» 1993.
43. Nelder, J.A. and Mead, R. 1965 "A Simplex Method for Function Minimization", Computer Journal, Vol. 7, Issue 4, 308-313.