

УДК 665.6(7)
МРНТИ 26.25.03
DOI 10.56525/BRWZ3426

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ ПРИ ВЫТЕСНЕНИИ НЕФТИ ИЗ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

Надиров К.С.¹, *Алишева Ж.Н.²

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²Казахский Национальный Аграрный Исследовательский Университет, Алматы, Казахстан
e-mail: nadirovkazim@mail.ru; e-mail: alishevazh9@gmail.com

Аннотация. На поздних стадиях разработки нефтяных месторождений в Казахстане и за рубежом эффективность традиционного водного заводнения существенно снижается, что приводит к формированию значительных объёмов остаточной нефти. Для терригенных коллекторов с пониженной проницаемостью и высокой обводненностью, характерных для ряда месторождений Республики Казахстан, в том числе месторождения Кумколь, величина извлекаемых запасов при стандартных технологиях заводнения ограничена неблагоприятным соотношением подвижностей фаз и высокими капиллярными силами удержания нефти. В этой связи актуальной задачей является разработка и исследование химических методов увеличения нефтеотдачи, обеспечивающих одновременное улучшение реологических и поверхностно-активных свойств вытесняющего агента.

В работе исследована эффективность вытеснения нефти из пористой среды с применением композиционных поверхностно-активных полиэлектролитов на основе модифицированного полиакриламида. Синтезированные полимерные системы характеризуются выраженными полиэлектролитными свойствами и поверхностной активностью. По результатам физико-химических исследований установлено, что увеличение концентрации композиционного полиэлектролита приводит к росту вязкости водных растворов и электрической проводимости, а также к снижению поверхностного и межфазного натяжения на границе нефть - вода.

Лабораторные керновые фильтрационные эксперименты проведены на терригенных образцах с пористостью в среднем 22 % и водопроницаемостью около 2,15 мД при постоянном расходе фильтрации 0,1 см³/мин. Установлено, что закачка 0,4% раствора композиционного поверхностно-активного полиэлектролита после водного заводнения обеспечивает увеличение коэффициента вытеснения нефти до 7 % по сравнению с традиционным водным заводнением. Повышение нефтеотдачи сопровождается более равномерным вытеснением нефти, снижением перепадов давления и улучшением охвата порового пространства вытесняющим агентом.

Полученные количественные результаты подтверждают эффективность применения композиционных поверхностно-активных полиэлектролитов для увеличения нефтеотдачи пластов в условиях месторождений Казахстана с низкопроницаемыми терригенными коллекторами и могут быть использованы при обосновании технологий химического воздействия, ориентированных на промышленное внедрение.

Ключевые слова: увеличение нефтеотдачи, композиционные полиэлектролиты, коэффициент вытеснения нефти, керновые исследования, терригенные коллекторы, месторождение Кумколь.

Введение

В современных условиях разработки нефтяных месторождений проблема извлечения остаточных запасов нефти приобретает особую актуальность. По мере истощения месторождений эффективность традиционных методов заводнения снижается, особенно на объектах с высокой степенью обводнённости, средней и повышенной вязкостью нефти, а

также выраженной неоднородностью коллекторских свойств. В таких условиях в пласте формируются значительные объёмы остаточной нефти, что приводит к снижению коэффициента нефтеотдачи.

Месторождение Кумколь, расположенное на юге Республики Казахстан, относится к числу стратегически значимых объектов нефтедобычи. Для него характерны терригенные коллектора с пониженной проницаемостью, изменчивостью коэффициента нефтенасыщенности и высоким уровнем обводнённости продукции. Указанные геолого-физические особенности обуславливают необходимость внедрения современных методов увеличения нефтеотдачи, в частности химических технологий вытеснения нефти.

Одним из перспективных направлений повышения нефтеотдачи является применение полимерных поверхностно-активных систем. Композиционные поверхностно-активные полиэлектролиты способны одновременно снижать межфазное и капиллярное натяжение, улучшать реологические характеристики вытесняющего агента и повышать коэффициент охвата пласта, что в совокупности способствует более эффективному вытеснению нефти.

Целью настоящего исследования является оценка эффективности применения композиционных поверхностно-активных полиэлектролитов для вытеснения нефти в условиях месторождения Кумколь и анализ механизмов их воздействия на фильтрационные процессы в пористой среде.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования были направлены на изучение фильтрационных свойств терригенных коллекторских пород и оценку эффективности вытеснения нефти при водном и полимерном заводнении в лабораторных условиях, моделирующих процессы, протекающие в нефтяном пласте.

В качестве объектов исследования использованы нефть месторождения Кумколь и образцы терригенных коллекторских пород. Композиционные поверхностно-активные полиэлектролиты синтезированы на основе полиакриламида (ПАА). В качестве модифицирующих компонентов применялись жирные кислоты госсиполовой смолы, глицерин и формалин. Процесс сшивки проводился в присутствии иницирующей системы калий персульфат – бисульфит натрия.

Используемые материалы

В качестве флюидов применялись:

- нефть месторождения Кумколь с характерными для данного объекта физико-химическими свойствами;
- водный раствор (модель пластовой воды);
- водные растворы композиционных поверхностно-активных полиэлектролитов на основе полиакриламида, модифицированного жирными кислотами госсиполовой смолы.

Керновые образцы представляли собой цилиндрические образцы терригенных пород, предварительно очищенные, высушенные и подготовленные в соответствии с принятой методикой керновых исследований.

Состав и параметры экспериментальной установки

Экспериментальная установка включала:

- кернодержатель высокого давления, обеспечивающий герметичное размещение кернового образца;
- систему нагнетания флюидов с регулируемым и стабильным расходом;
- ёмкости для нефти, воды и полимерных растворов;
- систему измерения давления на входе и выходе керна;
- трубопроводную обвязку и систему сбора вытесняемой жидкости.

Установка позволяла проводить фильтрационные испытания при постоянном расходе флюидов, контролируемых давлениях и температуре, что обеспечивало воспроизводимость результатов.

Методика проведения эксперимента

Эксперимент проводился поэтапно:

1. Определение исходных фильтрационных характеристик. До начала основных испытаний выполнялось определение водопроницаемости кернового образца путём фильтрации воды при расходах 0,1; 0,25 и 0,5 см³/мин. Регистрировались входное и среднее давления, на основе которых рассчитывалась проницаемость керна.

2. Подготовка керна. Керновый образец насыщался модельной пластовой водой методом вакуумной пропитки. Полученное значение пористости составило в среднем 22 %.

3. Формирование остаточной водонасыщенности. В водонасыщенный керн осуществлялась закачка нефти до достижения стационарного состояния, соответствующего остаточной водонасыщенности.

4. Моделирование процесса заводнения. Проводилось водное заводнение до достижения остаточной нефтенасыщенности, после чего осуществлялась закачка полимерного раствора.

5. Регистрация экспериментальных данных. В ходе эксперимента регистрировались объёмы и масса извлечённой жидкости, перепады давления на керновом образце, а также рассчитывался коэффициент вытеснения нефти.

Перед основными экспериментами проводилось определение водопроницаемости керна при скоростях фильтрации 0,1; 0,25 и 0,5 см³/мин. Давление на входе составляло от 0,047 до 0,184 МПа, среднее давление - от 0,023 до 0,091 МПа, средняя водопроницаемость составила 2,15 мД, что подтверждает стабильность фильтрационных свойств образцов.

Продолжительность эксперимента

Продолжительность одного полного кернового эксперимента определялась временем прокачки нескольких поровых объёмов флюида и, как правило, составляла несколько часов, что позволяло достичь стационарных условий фильтрации и обеспечить достоверность полученных данных.

Назначение и достоверность эксперимента

Проведённые керновые исследования позволили:

- подтвердить стабильность фильтрационных свойств образцов;
- корректно сравнить эффективность водного и полимерного заводнения;
- установить зависимость коэффициента вытеснения нефти от массы извлечённой жидкости.

Выбранная методика и параметры эксперимента соответствуют общепринятой практике лабораторного моделирования процессов вытеснения нефти и обеспечивают репрезентативность полученных результатов для условий месторождения Кумколь.

Физико-химические свойства синтезированных полиэлектролитов определялись следующими методами:

- измерение вязкости - на вискозиметре Brookfield;
- определение поверхностного натяжения - методами Вильгельми и Дю-Нуи;
- измерение электрической проводимости - при частоте 1000 Гц;
- структурный анализ - методом ИК-спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии (Jeol JSM-6490LV);
- термические характеристики - методом дифференциального термического анализа.

Керновые исследования по вытеснению нефти проводились на лабораторной геолого-модельной установке, имитирующей условия фильтрации флюидов в пористой среде пласта. Пористость керновых образцов определялась методом вакуумной пропитки и составила в среднем 22 %. Закачка нефти, воды и полимерных растворов осуществлялась при постоянном расходе 0,1 см³/мин. Эксперименты проводились при комнатной температуре.



Рисунок 1 – Лабораторное оборудование и схема проведения керновых исследований по вытеснению нефти

Таблица 1 – Результаты определения водопроницаемости керна

№	Расход, см ³ /мин	Входное давление, МПа	Среднее давление, МПа	Температура, °С	Проницаемость, мД	Средняя проницаемость, мД
1	0,5	0,184	0,091	28	2,40	2,15
2	0,25	0,105	0,045	28	2,14	2,15
3	0,1	0,047	0,023	29	1,91	2,15

В таблице приведены результаты определения водопроницаемости кернового образца при фильтрации воды с различными расходами. В таблицу включены значения расхода фильтрующей жидкости, входного и среднего давления, температуры, а также рассчитанные значения проницаемости и средней проницаемости керна.

Полученные данные использовались для оценки фильтрационных характеристик кернового образца и подтверждения стабильности его водопроницаемости перед проведением последующих экспериментов по вытеснению нефти.

Для оценки эффективности разработанных высокомолекулярных полимерных поверхностно-активных систем лабораторные испытания проводились в условиях, приближенных к пластовым, с использованием керновых образцов терригенных коллекторов. Последовательность фильтрационных испытаний включала определение газовой проницаемости, насыщение керна пластовой водой, закачку нефти до достижения остаточной водонасыщенности и последующее моделирование процесса заводнения.

Результаты исследования

Структурные и физико-химические характеристики

ИК-спектры модифицированных композиционных полиэлектролитов характеризуются наличием полос поглощения, соответствующих амидным, карбоксильным и метильным группам, что свидетельствует об успешной модификации полиакриламида и формировании поверхностно-активных свойств.

Сканирующая электронная микроскопия показала, что исходный полиакриламид имеет структуру с чередованием кристаллических и аморфных областей, тогда как в водных растворах композиционный полиэлектролит формирует преимущественно аморфную пространственную сетку. Элементный анализ подтвердил преобладание углерода, азота и кислорода, обеспечивающих химическую и термическую стабильность макромолекулярной цепи.

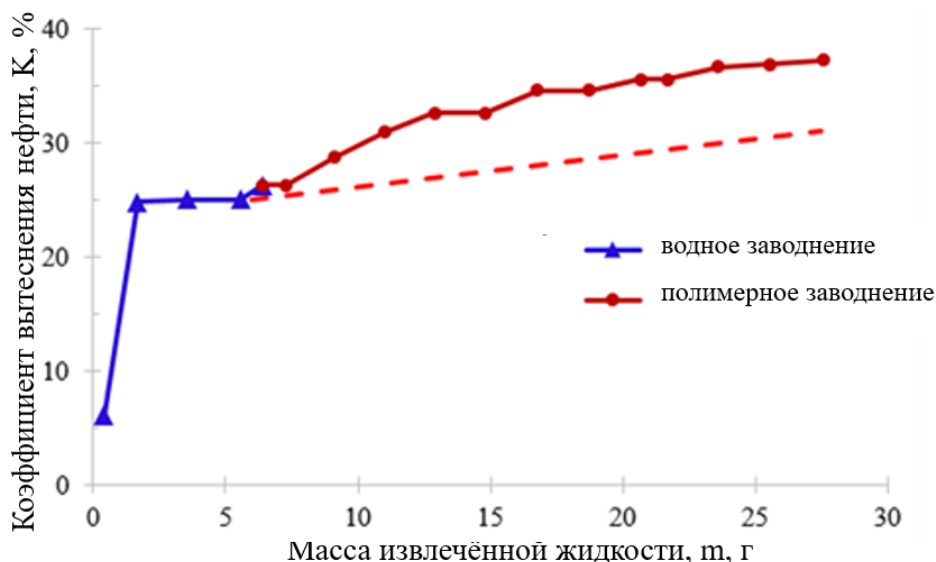


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента вытеснения нефти от массы извлеченной жидкости при водном и полимерном заводнении

Экспериментальные данные показали зависимость коэффициента вытеснения нефти от массы извлеченной жидкости при водном и полимерном заводнении (рисунок 2).

Увеличение концентрации композиционного ПАПЭ приводило к росту электрической проводимости и вязкости растворов, что указывает на высокую степень ионизации и развернутую конформацию макромолекул. Одновременно наблюдалось снижение поверхностного и межфазного натяжения на границе нефть–вода.

Эффективность вытеснения нефти

Керновые эксперименты показали, что при закачке 0,4 %-ного раствора композиционного поверхностно-активного полиэлектролита коэффициент вытеснения нефти возрастает по сравнению с водоразмещением. Максимальное увеличение коэффициента вытеснения составило до 7 % при росте массы отобранной жидкости.

Полученные зависимости коэффициента вытеснения нефти от массы извлеченной жидкости свидетельствуют о более равномерном вытеснении нефти и снижении капиллярных сил удержания при использовании композиционных ПАПЭ по сравнению с обычным заводнением.

Заключение. Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность композиционных поверхностно-активных полиэлектролитов для вытеснения нефти в условиях месторождения Кумколь. Синтезированные на основе модифицированного полиакриламида композиции обладают выраженными поверхностно-активными и реологическими свойствами, что обеспечивает снижение межфазного натяжения и улучшение фильтрационных характеристик вытесняющего агента.

Лабораторные керновые испытания показали увеличение коэффициента вытеснения нефти до 7 % по сравнению с традиционным водоразмещением. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения композиционных поверхностно-активных полиэлектролитов для повышения нефтеотдачи пластов в сложных геолого-физических условиях и могут быть использованы при разработке технологий увеличения нефтеотдачи для месторождений аналогичного типа.

Данная работа выполнена в рамках реализации проекта ПЦФ BR24992809 «Obtaining new chemical reagents for the extraction, preparation and transportation of paraffin oil using local raw materials», 2024–2026 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муслимов Р.Х., Шапошников Д.А. Коллоидная химия в процессах извлечения нефти из пласта. – Казань: ФЭН, 2006. – 156 с.
2. Alisheva Zh.N., Sarsenbayev M.A., Sarsenbaev Zh.A., Baibotaeva S. E. Innovative technologies for paraffin deposit removal in oil tubing to enhance oil recovery: a mechanical approach. Complex Use of Mineral Resources. Earth and Planetary Sciences: Earth-Surface Processes. 2027; 341(2):49-59. <https://doi.org/10.31643/2027/6445.17>
3. Zhu H., Luo J., Klaus O. et al. The impact of extensional viscosity on oil displacement efficiency in polymer flooding // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2012. – Vol. 414. – P. 498–503.
4. Issa A.B., Beisenbayev O.K., Akhmedov U.K. et al. Polymeric compositions to increase oil recovery // Rasayan Journal of Chemistry. – 2023. – Vol. 16, Issue 2. – P. 876–883.
5. Отарбаев Н.Ш. Разработка технологии получения реагентов для деэмульсации нефти на основе побочных продуктов переработки хлопкового гудрона: диссертация PhD. – Шымкент, 2020. – 141 с.
6. Бимбетова Г.Ж. Утилизация госсиполовой смолы с целью получения поверхностно-активных веществ: кандидаттық диссертациясы. – Шымкент, 2006. – 142 с.
7. Wang S., Alagha L., Xu Z. Adsorption of organic–inorganic hybrid polymers on kaolin from aqueous solutions // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2014. – Vol. 453. – P. 13–20.
8. Иса А.Б., Бейсенбаев О.К., Қыдыралиева А.Ш. и др. Исследование модифицированного полиакриламида для вытеснения нефти // Қазақстанның химия журналы. – 2023. – №2. – С. 141–151.
9. Kudaibergenov S., Jaeger W., Laschewsky A. Polymeric betaines: Synthesis, characterization and application // Advances in Polymer Science. – 2006. – Vol. 201. – P. 157–224.
10. Осовская И.И., Антонова В.С. Вязкость растворов полимеров. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2016. – 62 с.
11. Башкирцева Н.Ю. Роль увеличения нефтеотдачи в производстве сырьевой базы // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – С. 308–311.
12. А.Б. Иса, О.К. Бейсенбаев, У.К. Ахмедов. Research of composite polymer PAA-based reagents in the presence of gossypol resin // Proceedings of the IX International Conference "Industrial Technologies and Engineering" (ICITE – 2022). – Vol. I. – P. 158–165.
13. Abdukarimova D.N., Negmatova K.S., Eminov Sh.O. Research of physical and chemical properties of fillers for the development of composite chemical preparations // The American Journal of Engineering and Technology. – 2021. – Vol. 3(05). – P. 40–46.

REFERENCES

1. Muslimov R.Kh., Shaposhnikov D.A. Colloid Chemistry in Oil Recovery Processes. Kazan: Fen, 2006. 156 p.
2. Alisheva Zh.N., Sarsenbayev M.A., Sarsenbaev Zh.A., Baibotaeva S. E. Innovative technologies for paraffin deposit removal in oil tubing to enhance oil recovery: a mechanical approach. Complex Use of Mineral Resources. Earth and Planetary Sciences: Earth-Surface Processes. 2027; 341(2):49-59. <https://doi.org/10.31643/2027/6445.17>
3. Zhu H., Luo J., Klaus O. et al. The impact of extensional viscosity on oil displacement efficiency in polymer flooding // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2012. – Vol. 414. – P. 498–503.
4. Issa A.B., Beisenbayev O.K., Akhmedov U.K. et al. Polymeric compositions to increase oil recovery // Rasayan Journal of Chemistry. – 2023. – Vol. 16, Issue 2. – P. 876–883.

5. Otarbaev N.Sh. Development of Technology for Producing Oil Demulsification Reagents Based on By-Products of Cotton Gossypol Tar Processing: PhD dissertation. Shymkent, 2020. 141 p.
6. Bimbetova G.Zh. Utilization of Gossypol Resin for the Production of Surface-Active Substances: PhD (Candidate of Sciences) dissertation. Shymkent, 2006. 142 p.
7. Wang S., Alagha L., Xu Z. Adsorption of organic–inorganic hybrid polymers on kaolin from aqueous solutions // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2014. – Vol. 453. – P. 13–20.
8. Isa A.B., Beisenbayev O.K., Kydyralieva A.Sh. et al. Investigation of Modified Polyacrylamide for Oil Displacement // *Journal of Chemistry of Kazakhstan*. 2023. No. 2. Pp. 141–151.
9. Kudaibergenov S., Jaeger W., Laschewsky A. Polymeric betaines: Synthesis, characterization and application // *Advances in Polymer Science*. – 2006. – Vol. 201. – P. 157–224.
10. Osovskaya I.I., Antonova V.S. Viscosity of Polymer Solutions. St. Petersburg: Higher School of Technology and Energy, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2016. 62 p.
11. Bashkirtseva N.Yu. The Role of Enhanced Oil Recovery in the Formation of the Raw Material Base // *Bulletin of Kazan Technological University*. 2014. Vol. 17. Pp. 308–311.
12. Isa A.B., Beisenbayev O.K., Akhmedov U.K. Research of composite polymer PAA-based reagents in the presence of gossypol resin // *Proceedings of the IX International Conference "Industrial Technologies and Engineering" (ICITE – 2022)*. – Vol. I. – P. 158–165.
13. Abdukarimova D.N., Negmatova K.S., Eminov Sh.O. Research of physical and chemical properties of fillers for the development of composite chemical preparations // *The American Journal of Engineering and Technology*. – 2021. – Vol. 3(05). – P. 40–46.

КЕУЕКТИ ОРТАДАН МҰНАЙДЫ ЫҒЫСТЫРУ КЕЗІНДЕ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ БЕТТІК-АКТИВТІ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТТЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Надиров К.С.¹, *Алишева Ж.Н.²

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
e-mail: nadirovkazim@mail.ru; e-mail: alishevazh9@gmail.com

Аннотация. Қазіргі уақытта мұнай кен орындарын игерудің кеш кезеңдерінде мұнайдың айтарлықтай бөлігі кеуекті ортада қалдық күйінде қалып, дәстүрлі су айдау әдістерімен толықтай өндірілмей қалады. Бұл құбылыс қабаттардың геологиялық және фильтрациялық біртексіздігімен, мұнай мен судың жоғары капиллярлық байланысымен, сондай-ақ ығыстыру агентінің төмен тиімділігімен байланысты. Осыған байланысты мұнай бергіштікті арттырудың химиялық әдістерін, әсіресе беткі-белсенді қасиеттері бар полимерлік жүйелерді қолдану өзекті ғылыми және практикалық маңызға ие.

Осы мақалада Құмкөл мұнай кен орны жағдайында композициялық беткі-белсенді полиэлектролиттерді қолдану арқылы мұнайды кеуекті ортадан ығыстырудың тиімділігі жан-жақты зерттелді. Құмкөл кен орны терригенді коллекторлармен, салыстырмалы түрде төмен өткізгіштікпен, мұнайдың орташа тұтқырлығымен және өндірілетін өнімнің жоғары сулануымен сипатталады. Аталған факторлар мұнайды тиімді игеруді қиындатып, қалдық мұнай қорларының жиналуына алып келеді.

Зерттеу аясында полиакриламид негізінде жоғары молекулалық композициялық полиэлектролиттер синтезделді. Модификациялаушы агенттер ретінде госсипол шайырының май қышқылдары, глицерин және формалин қолданылды. Полимерлік тізбектердің кеңістіктік құрылымы калий персульфаты мен натрий бисульфитінен тұратын инициирлеуші жүйенің қатысуымен қалыптастырылды. Мұндай құрам полимер молекулаларына бір мезгілде

гидрофильді және гидрофобты фрагменттер енгізіп, олардың беткі-белсенді және реологиялық қасиеттерін күшейтуге мүмкіндік берді.

Синтезделген композициялық полиэлектролиттердің физика-химиялық қасиеттері кешенді әдістермен анықталды. Ерітінділердің тұтқырлығы, электр өткізгіштігі, беткі және фазааралық керілу көрсеткіштері зерттелді. Полимерлердің құрылымы инфрақызыл спектроскопия және сканерлеуші электрондық микроскопия әдістерімен талданды. Алынған нәтижелер композициялық полиэлектролиттердің жоғары иондалу дәрежесіне, кеңейген макромолекулалық тор түзу қабілетіне және тұрақты аморфты құрылымға ие екенін көрсетті.

Мұнайды ығыстыру тиімділігі терригенді коллекторлардың керн үлгілерінде жүргізілген лабораториялық сүзу тәжірибелері арқылы бағаланды. Эксперименттер барысында су айдау және композициялық полиэлектролит ерітінділерін айдау процестері модельденді. Алынған деректер композициялық беткі-белсенді полиэлектролиттерді қолдану кезінде мұнайды ығыстыру коэффициентінің дәстүрлі су айдаумен салыстырғанда 7 %-ға дейін артатынын көрсетті. Бұл әсер фазааралық керілудің төмендеуімен, ығыстыру агентінің тұтқырлығының артуымен және қабаттың қамту коэффициентінің жақсаруымен түсіндіріледі.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде композициялық беткі-белсенді полиэлектролиттерді Құмкөл кен орны жағдайында мұнай бергіштікті арттырудың тиімді химиялық агенттері ретінде қолданудың ғылыми және практикалық негіздемесі ұсынылды. Алынған нәтижелер мұнай өндіру саласында қалдық мұнай қорларын игеру технологияларын жетілдіруге бағытталған.

Түйін сөздер: мұнай бергіштік, композициялық полиэлектролиттер, беткі-белсенді заттар, химиялық әдістер, керндік зерттеулер, Құмкөл кен орны.

INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF COMPOSITE SURFACE-ACTIVE POLYELECTROLYTES IN OIL DISPLACEMENT FROM POROUS MEDIA

Nadirov K.S.¹, * Alisheva Zh.N.²

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: nadirovkazim@mail.ru; e-mail: alishevazh9@gmail.com

Abstract. At the late stages of oilfield development, a significant portion of hydrocarbons remains trapped in the reservoir as residual oil that cannot be efficiently recovered by conventional water flooding. This is mainly caused by reservoir heterogeneity, strong capillary forces, unfavorable mobility ratios, and the limited efficiency of the displacing agent. Therefore, chemical enhanced oil recovery methods based on polymer and surfactant systems have gained increasing attention.

This study investigates the efficiency of oil displacement from porous media using composite surface-active polyelectrolytes under the conditions of the Kumkol oilfield. The Kumkol reservoir is characterized by terrigenous formations, relatively low permeability, moderate oil viscosity, and a high water cut, which complicates the oil displacement process.

High-molecular-weight composite polyelectrolytes based on polyacrylamide modified with fatty acids of gossypol resin were synthesized using glycerol and formaldehyde. The spatial structure of the polymers was formed in the presence of a potassium persulfate–sodium bisulfite initiating system. The resulting polymer systems exhibit pronounced polyelectrolyte and surface-active properties.

The physicochemical properties of the synthesized composites were evaluated through viscosity measurements, electrical conductivity analysis, and surface and interfacial tension determination. The structural characteristics were studied using infrared spectroscopy and scanning electron microscopy. The results revealed the formation of a predominantly amorphous three-dimensional polymer network, providing enhanced rheological behavior and improved interaction with the porous medium.

Oil displacement efficiency was evaluated through laboratory core flooding experiments simulating reservoir flooding processes. The results demonstrated that the injection of composite surface-active polyelectrolytes increases oil displacement efficiency by up to 7% compared to conventional water flooding. This improvement is attributed to reduced oil–water interfacial tension, increased viscosity of the displacing agent, and improved sweep efficiency.

The obtained results confirm the feasibility and перспективность of using composite surface-active polyelectrolytes to enhance oil recovery in the Kumkol oilfield and provide a scientific basis for further development of chemical enhanced oil recovery technologies.

Keywords: oil recovery, composite polyelectrolytes, surfactants, core flooding experiments, Kumkol oilfield.