

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

Пермского национального
исследовательского политехнического
университета,

Доктор технических наук, профессор

Корогаев Владимир Николаевич

» января 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»**

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация на тему «Обоснование применения ограниченно-набухающих полимерных гелей при разработке высокообводненных нефтяных эксплуатационных объектов Пермского края» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Нефтегазовые технологии».

В период подготовки диссертации соискатель Рожкова Юлия Анатольевна работала в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» в должности научного сотрудника кафедры «Нефтегазовые технологии».

В 2012 г. окончила магистратуру по направлению «Химическая технология и биотехнология» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

В 2020 г. окончила аспирантуру очной формы обучения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (период обучения с 01 сентября 2012 г по 15 июля 2020 г).

Научный руководитель – Галкин Сергей Владиславович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, декан Горно-нефтяного факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Представленная Рожковой Юлией Анатольевной диссертация посвящена разработке сшитого полимерного геля РРГ, адаптированного к условиям залежей Пермского края, обоснованию применения данного реагента для выравнивания профиля приемистости коллектора на месторождениях региона.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

– автором выполнен анализ применения составов на основе полиакриламида, используемых для выравнивания профиля приемистости коллектора, выявлены недостатки и преимущества, применяемых в международной практике композиций при выработке остаточных запасов нефти на истощенных месторождениях с целью перераспределения фильтрационных потоков, а также блокировки водонасыщенных пластов.

– разработана рецептура предварительно сшитого геля РРГ, адаптированного к условиям залежей Пермского края, исследованы его физико-химические свойства;

– автором спланированы и проведены исследования разработанного геля РРГ при фильтрационных испытаниях ядра трещиноватого и порового типа. Воздействие суспензии геля РРГ на поровое пространство терригенного ядра сопровождалось томографическим контролем. Установлено, что полнота заполнения пор дисперсионной средой суспензии РРГ в два раза выше в сравнении с раствором ПАА, используемым при полимерном заводнении. Проведенные исследования позволили спрогнозировать физико-химические процессы, которые будут протекать в пластовом резервуаре при закачке суспензии предварительно сшитого геля РРГ. В частности, результаты экспериментов подтвердили способность разработанного геля кольтматировать высокопроницаемые интервалы коллектора как трещиноватого, так и порового типа и перераспределять фильтрационные потоки в низкопроницаемые нефтенасыщенные пропластки;

– на основе анализа зарубежного опыта закачки геля РРГ, а также с учетом специфики месторождений Пермского края были сформированы критерии выбора эксплуатационного объекта для проведения обработки реагентом РРГ;

– на основании разработанных критериев были проанализированы данные гидродинамических исследований эксплуатационных объектов Пермского края трещиноватого и порового типа, находящихся на поздних стадиях эксплуатации, и расположенных в зоне повышенной плотности остаточных извлекаемых запасов. На основе проведенного анализа выбраны скважины-кандидаты для закачки геля РРГ.

Теоретическая значимость работы заключается в следующем: предложен альтернативный способ получения трехмерной структуры геля

PPG; при выполнении фильтрационных испытаний предложен новый способ оценки эффективности закачки полимеров в пустотное пространство, заключающееся в вычислении коэффициента заполнения поровых каналов.

Практическая значимость работы заключается в следующем: анализ международной практики применения технологии PPG позволил сформировать критерии выбора эксплуатационных объектов для проведения обработки; подобраны скважины-кандидаты, представляющие объекты Пермского края трещиноватого и порового типа. Ожидаемые эффекты после закачки геля PPG: снижение обводненности продукции добывающих скважин, увеличение дебита по нефти за счет выработки низкопроницаемых нефтенасыщенных интервалов коллектора.

Ценность научных работ соискателя и полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем: содержание диссертации достаточно полно отражено в 11 научных трудах по теме диссертации, из которых 7 статей опубликованы в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук; 5 статей опубликовано в периодических изданиях, индексируемых в международных базах данных научного цитирования Scopus и Web of Science. В соавторстве получен один патент на изобретение.

1. Галкин С. В., **Кетова Ю. А.** Изучение механизма перераспределения фильтрационных потоков при закачке синтезированных сшитых гелей методом рентгеновской томографии керна. / Галкин С. В., **Кетова Ю. А.**, Савицкий Я. В., Ванли К., Сарсенбекулы Б. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. - № 11. С. 127-136. (10 стр./ авторские 4 стр.) (**Перечень ВАК, Scopus**)

Соискателем описывается способ введения рентгеноконтрастной метки в суспензию PPG, представлены результаты фильтрационных и томографических исследований разработанного состава PPG на терригенном керне, приведены анализ изменения порового пространства керна до и после воздействия суспензией PPG и раствором водорастворимого полиакриламида.

2. **Кетова Ю. А.** Актуальные направления разработки полимерных составов в условиях эксплуатации объектов Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. - 2017. - Т. 16, №4. - С. 342-349. (8 стр.) (Перечень ВАК)

Автором в статье проведен анализ отечественный и зарубежный опыт применения полимерных составов для ремонтно-изоляционных работ, проанализированы способы воздействия на зоны водопритока в добывающей скважине, и способы воздействия на пласт со стороны нагнетательной скважины с целью выравнивания профиля коллектора.

3. **Кетова Ю. А., Галкин С. В.** Разработка технологии кислотно-водоизоляционной обработки добывающей скважины на основе неорганических кремниевых полимеров. // Нефтепромысловое дело. – 2018. - №6. - С. 49-54. (5 стр./ авторские 3 стр.) (Перечень ВАК)

В статье автор рассмотрел технологии, направленные на выравнивание профиля приемистости пласта, преимущественно на основе кремнийорганических соединений, приведены преимущества и недостатки использования данной полимерной системы.

4. **Кетова Ю. А., Бай Б.** Анализ эффективности применения заводнения нефтеносных пластов на основе водорастворимого полиакриламида и предварительно сшитых полиакриламидных частиц. / **Кетова Ю. А., Бай Б., Казанцев А. Л., Галкин С. В.** // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. - 2019. - Т. 19. № 3. - С. 251-262. (12 стр./ авторские 8 стр.) (Перечень ВАК)

В статье автором приведен сравнительный анализ продуктов на основе полиакриламида, направленных на выравнивания профиля приемистости коллектора. Рассмотрены

традиционные полимерные растворы; объемные гели (растворы полиакриламида со сшивающим агентом); предварительно сшитые гели. Выявлены преимущества и недостатки растворов и гелей на основе полиакриламида.

5. **Кетова Ю. А.,** Галкин С. В., Седова В. А. Анализ эффективности применения полимерных составов при проведении ремонтно-изоляционных работ на нефтяных скважинах // Нефтепромысловое дело. – 2019. – Т. 12, №612. - С.71-73. (3 стр./ авторские 1,5 стр.) (**Перечень ВАК**)

Автором проведены исследования селективного состава на основе жидкого стекла для снижения обводненности продукции скважины при проведении ремонтно-изоляционных работ в добывающей скважине.

6. **Кетова Ю. А.,** Бай Б. Тестирование технологии предварительно сшитых частиц полимерного геля для ограничения водопритокков на фильтрационных керновых моделях. / Кетова Ю. А., Бай Б., Хижняк Г. П., Гладких Е. А., Галкин С. В. // Записки горного института. – 2020. – т. 241. – С. 91-96. (6 стр./ авторские 3 стр.) (**Перечень ВАК, Scopus, Web of Science**)

В статье представлены полученные соискателем результаты фильтрационных исследований полученного геля PPG на карбонатном керне, проведен анализ эффективности кольматации гелем PPG трещиноватого пространства керна, показано, что частицы PPG способны сжиматься и проникать в трещину с раскрытостью в 20 раз меньше диаметра набухшей частицы.

7. **Кетова Ю. А.,** Галкин С. В. Анализ мирового опыта применения технологий выравнивания профилей приемистости на основе сшитых полимерных гелей. / **Кетова Ю. А.,** Галкин С. В., Вотинов А. С., Канг В., Янг Х. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. - 2020. - Т.20, №2. - С.250–261. (11 стр./ авторские 6 стр.) (**Перечень ВАК**)

Соискателем подробно рассмотрены разновидности предварительно сшитых гелей, используемых для выравнивания профиля приемистости коллектора. Проведен обзор литературы по применению макрогелей (PPG) и микрогелей.

8. **Ketova Yu.**, Galkin S., Kolychev I. Evaluation and X-Ray tomography analysis of super-absorbent polymer for water management in high salinity mature reservoirs. // Journal of Petroleum Science and Engineering. - 2021. - №196, article №107998. (8 стр./ авторские 5 стр.) (**Scopus, Web of Science**).

В статье представлены результаты исследований, проведенных соискателем, по определению физико-химических свойств геля PPG, а также результаты фильтрационных испытаний на терригенном керне, сопровождаемых томографическим контролем изменения порового пространства керна.

9. Yang H., Zhang H. Effect of hydrophobic group content on the properties of betaine-type binary amphiphilic polymer / Yang H., Zhang H., Zheng W., Zhao B., Zhao H., Li X., Zhang L., Zhu Zh., Kang W, **Ketova Yu. A**, Galkin S. V. // Journal of Molecular Liquids. – 2020. - № 311, № статьи 113358. (8 стр./ авторские 1 стр.) (**Scopus, Web of Science**)

В статье описаны результаты лабораторного синтеза по получению амфифильного гидрофобно-модифицированного полиакриламида, изучены реологические характеристики полученного полимера.

10. Yang H., Zhou B. Conformance control mechanism of low elastic polymer microspheres in porous medium / Yang H., Zhou B., Zhu T., Wang P., Zhang X., Wang T., Wu F., Zhang L., Kang W., **Ketova Yu.A.**, Galkine S.V. // Journal of Petroleum Science and Engineering. - 2021. - Vol.196, N. 107708. (9 стр./ авторские 1 стр.) (**Scopus, Web of Science**).

В статье описаны результаты испытания микросфер, являющихся разновидностью предварительно сшитых полимерных гелей. Фильтрационные испытания на двух параллельных кренах с разной проницаемостью продемонстрировали, что суспензии предварительно сшитых микросфер эффективно кольматирует высокопроницаемый керн и перераспределяет фильтрационные потоки в низкопроницаемый.

11. Патент на изобретение. Способ разработки нефтяного пласта / Сусанов Я. М., Устькачкинцев Е.Н., **Рожкова Ю. А.** Патентообладатель ООО «НефтеПром Сервис». - № 2 729 652. Дата подачи заявки: 30.12.2019. Опубликовано: 11.08.2020. Бюл. №23.

Соискатель провел лабораторные испытания по подбору рецептуры предварительно сшитого геля и изучению физико-химических свойств геля (абсорбционная емкость, изменение размера частиц после контакта с моделью пластовой воды).

Содержание диссертационной работы соответствует формуле научной специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений. Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 25.00.17: п. 2 «Геолого-физические и физико-химические процессы, протекающие в пластовых резервуарах и окружающей геологической среде при извлечении из недр нефти и газа известными и создаваемыми вновь технологиями и техническими средствами для создания научных основ эффективных систем разработки месторождений углеводородов и функционирования подземных хранилищ газа» и п.3. «Научные аспекты и средства обеспечения системного комплексного (мультидисциплинарного) проектирования и мониторинга процессов разработки месторождений углеводородов, эксплуатации подземных хранилищ газа, создаваемых в истощенных месторождениях и водонасыщенных пластах с целью рационального недропользования».

Диссертация «Обоснование применения ограниченно-набухающих полимеров при разработке высокообводненных нефтяных эксплуатационных объектов Пермского края» Рожковой Юлии Анатольевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Заключение принято на заседании кафедры «Нефтегазовые технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» «14» января 2021 г. (протокол № 8).

Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» - 14 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел.

Заведующий кафедрой
«Нефтегазовой технологии»,
доктор технических наук, доцент

✓

Хижняк Г. П.

Ученый секретарь кафедры
«Нефтегазовые технологии»

Мелехин А. А.

Контактная информация: ФГБОУ ВО «ПНИПУ», кафедра «Нефтегазовые технологии»
614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29.
Тел. 8 (342) 219-80-67, факс: 8 (342) 219-89-27