

Сведения о ходе выполнения проекта
по теме: **«Создание новых технологических решений с использованием
циклического и стационарного воздействия на пласт химически
эволюционирующими системами для разработки месторождений высоковязкой
нефти на естественном режиме и в сочетании
с тепловыми методами»**

в рамках реализации федеральной целевой программы "Исследования и разработки по
приоритетным направлениям развития научно-технологического
комплекса России на 2014-2020 годы"

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 26.09.2017 г. № 14.604.21.0176, уникальный идентификатор – RFMEFI60417X0176 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» в соответствии с «Планом-графиком исполнения обязательств» на этапе № 3 в период с 01.01.2019 по 31.12.2019 выполнялись следующие работы:

За счет финансирования из средств субсидии:

Разработка компьютерной модели новых технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей на естественном режиме и тепловыми методами с применением циклического и стационарного воздействия на пласт кислотными композициями на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), координирующих растворителей и комплексных соединений.

Разработка расчетной методики для планирования технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей путем закачки кислотных композиций при использовании нетермических методов, а также паротеплового и пароциклического воздействия на пласт: расчета необходимого количества реагентов, схемы закачки и прогноза эффективности.

Разработка технологической инструкции по использованию созданных новых технологических решений разработки месторождений высоковязкой нефти на естественном режиме и тепловыми методами с применением циклического и стационарного воздействия на пласт химически эволюционирующими системами на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений для увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи тяжелой высоковязкой нефти.

Проведение тестирования разработанных технических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей на естественном режиме и тепловыми методами с применением кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений.

Подготовка заявок на выдачу охранных документов.

Анализ полноты решения задач и достижения поставленной цели прикладных научных исследований (ПНИ), в том числе: - выполнение оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем; - проведение сравнительного анализа разработанных технических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей кислотными композициями на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений с мировыми аналогами.

Разработка рекомендаций и предложений по использованию результатов ПНИ в реальном секторе экономики – нефтегазодобывающей промышленности: использованию технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей с применением циклического и стационарного воздействия на пласт нефтewытесняющими кислотными композициями на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений, для повышения эффективности разработки месторождений, увеличения дебитов и снижения обводненности при заводнении и паротепловом воздействии, в том числе технологичных в северных и арктических регионах.

Формулирование технических требований в виде проекта технического задания (ТЗ) на

опытно-технологические работы (ОТР) по теме: «Создание новых технологических решений разработки месторождений высоковязкой нефти на естественном режиме и тепловыми методами с применением циклического и стационарного воздействия на пласт химически эволюционирующими системами на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений для увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи в условиях промысла, на стандартном нефтепромысловом оборудовании».

За счет внебюджетных средств:

Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов работы: участие в тематических конференциях, выставках и т.д., материально-техническое обеспечение экспериментальных исследований.

Верификация компьютерной модели новых технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей с применением кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений на основании результатов проведенных лабораторных исследований, а также с учетом накопленных промысловых данных.

Разработка схемы приготовления композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений непосредственно на промысле с использованием стандартного оборудования.

Сбор промысловых данных, отбор проб нефти и воды месторождения высоковязкой нефти для обоснования разработки композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений и выбора технологических решений.

Наработка опытных партий нефтewытесняющих кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений для проведения апробации разработанных технических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей.

Анализ промысловых данных, обобщение результатов апробации технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей для естественного режима разработки и паротеплового воздействия на пласт.

Выдача рекомендаций по промышленному использованию результатов ПНИ для интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей с применением нефтewытесняющих кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений.

Апробация технологических решений увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти для месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых на естественном режиме, при низких температурах, и при паротепловом и пароциклическом воздействии на пласт, с применением нефтewытесняющих кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений. (В зависимости от необходимости применения индустриальным партнером разрабатываемых технологий для данных геолого-физических условий и состояния разработки месторождений).

При этом были получены следующие результаты:

За счет средств субсидии созданы нефтewытесняющие композиции нового типа на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений, химически эволюционирующие непосредственно в пласте с приобретением коллоидно-химических свойств, оптимальных для целей нефтewытеснения. Создана теоретическая модель донорно-акцепторных кислотно-основных равновесий в координирующих полиольных растворителях, позволившая определить константы образования и ионизации полиолборных кислот. Экспериментальные исследования кислотно-основных равновесий в растворах многоосновных неорганических кислот (борной и фосфорной) и полиолов (глицерина, маннита и сорбита), влияние на них электролитов, неэлектролитов и ПАВ, рис.1-3, показали, что в результате образования комплекса кислоты с полиолом значение рН растворов снижается от 5.9 до 0.8. Наиболее сильное влияние на кислотное равновесие оказывают $AlCl_3$, $FeCl_3$, $FeCl_2$ и $MgCl_2$. При увеличении содержания $AlCl_3$ до 20 % рН снижается до -0.54, вязкость возрастает до 17500 мПа·с. Определен оптимальный состав нефтewытесняющих кислотных композиций и их физико-химические свойства при 20 °С: рН– минус 0.5-4.2; плотность 1030-1380

кг/м³; вязкость 1.07-17.5 Па·с; межфазное натяжение на границе с нефтью 0.19-0.46 мН/м; температура замерзания минус 2.5-минус 50 °С.

Экспериментально исследованы изменения реологических и физико-химических свойств композиций ПАВ при контакте с породой и пластowymi водами. Растворимость карбонатной породы возрастает с увеличением концентрации полиола и многоосновной кислоты, рис. 4, добавление соли Al приводит к кратному увеличению растворимости карбонатной породы. При взаимодействии высоковязкой нефти с композициями ПАВ при 150 °С ее вязкость снижается в 2-3 раза.

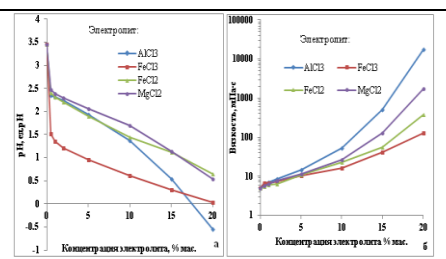
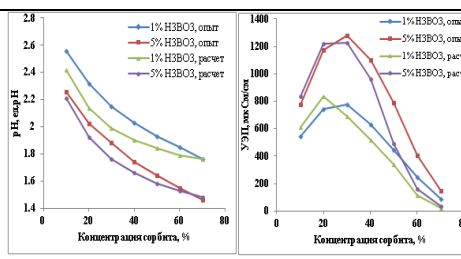


Рис. 1. Комплексы глицириборной кислоты и металла

Рис. 2. Удельная электропроводность и pH растворов сорбитборной кислоты

Рис. 3. Влияние электролитов на pH (а) и вязкость (б) растворов

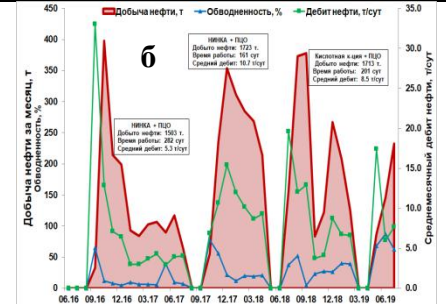
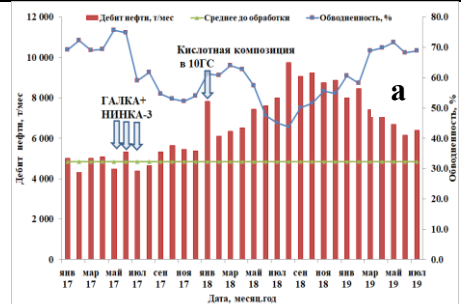
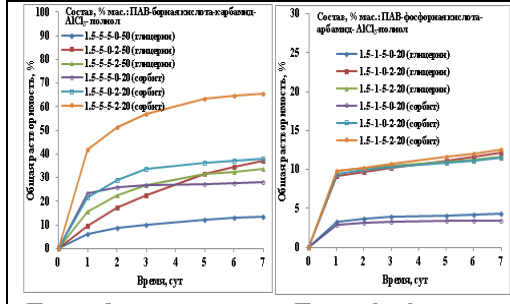


Рис. 4. Кинетика взаимодействия кислотных композиций ПАВ с карбонатными породами пласта

Рис. 5. Апробации технологических решений на Усинском месторождении: закачка кислотной композиции ПАВ для повышения нефтеотдачи, улучшения приемистости при тепловом воздействии (а); перед ПЦО при 23°С (б)

Созданы технологические решения повышения нефтеотдачи и интенсификации разработки залежей тяжелой нефти путем воздействия композициями ПАВ на естественном режиме и с тепловыми методами, проведена экспериментальная оценка их эффективности на моделях пласта.

Созданы компьютерная модель новых технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязкой нефти с применением композиций ПАВ, расчетная методика в виде автоматизированного шаблона расчета в Excel оптимального объема композиции, продолжительности и величины эффекта обработки. Компьютерная модель и расчетная методика верифицированы на лабораторных и промысловых данных, скорректированы параметры расчета эффективности. Разработаны технологическая инструкция и схема приготовления композиций ПАВ на промысле с применением стандартного оборудования, составлен проект ТЗ на проведение ОТР.

За счет внебюджетных средств проведены патентные и дополнительные патентные исследования по ГОСТ 15.011-96. Произведен сбор промысловых данных, отбор нефти и воды из 188 скважин Усинского месторождения, исследованы их физико-химические свойства и микрофлора, выявлено стимулирующее влияние композиции ПАВ на ее активность и рост, повышение численности в 10–15 раз. На опытно-экспериментальной базе ИХН СО РАН отработаны технологии получения ряда композиций ПАВ, составлены 5 ТУ и 5 технологических регламентов, наработаны 6 опытных партии композиций (суммарно 22,03 т). На пермо-карбонатной залежи высоковязкой нефти Усинского месторождения успешно проведена апробация технологических решений увеличения добычи нефти и интенсификация разработки, рис. 5, дополнительно добыто 56 тыс. т нефти, закачка композиции перед ПЦО дает прирост дебита по нефти в 20 % по сравнению с предыдущим циклом, наблюдается прирост дебитов по нефти с 2.5 до 19.4 т/сут., по жидкости с 3.7 до 44.5 т/сут., что подтверждает эффективность композиций ПАВ. Проведена технико-экономическая оценка, выданы рекомендации по промышленному использованию результатов ПНИ.

Объем привлеченных внебюджетных средств составил 139 668 597,67 руб.

По проекту поданы 4 заявки, получены 2 патента РФ на изобретения, создано 1 ноу-хау:

– патенты № 2689939 от 29.05.2019 г. «Состав для интенсификации разработки низкопродуктивных залежей высоковязкой нефти с карбонатным коллектором», по заявке

№ 2017141327 от 27.11.2017, опубликован БИ №16 от 29.05.2019; № 2685516 от 19.04.2019 г. «Состав для повышения нефтеотдачи пластов (варианты)»; по заявке № 2018126899 от 20.07.2018, опубликован БИ № 11 от 19.04.2019; в отношении указанных патентов выполнена технико-экономическая оценка;

– заявки № 2019113239 от 29.04.2019 «Состав для интенсификации разработки низкопродуктивных залежей высоковязкой нефти с карбонатным коллектором»; № 2019124170 от 25.07.2019 «Состав для увеличения нефтеотдачи пластов», получены уведомления ФИПС о приеме и регистрации заявок;

– ноу-хау «Способ разработки месторождений высоковязкой нефти химически эволюционирующими системами на основе ПАВ, образующими непосредственно в пласте эффективные нефтевытесняющие жидкости с высокой кислотно-основной буферной емкостью», зарегистрировано приказом директора № 67 от 8.11.2017 г.; неисключительное право использования дано ООО «ОСК» на 3 года. С ООО «ОСК» заключены 2 лицензионных договора, за 3 года обработано 87 скважин, поступления по лицензионным платежам составили 2 050 000 руб.

Освещение и популяризация результатов работы: всего публикаций по проекту 18, в том числе 13 в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus, представлены доклады и экспозиции на 25 международных форумах, конференциях и выставках, получено 7 дипломов и серебряная медаль международного Салона изобретений и инновационных технологий "Архимед" (2019 г.).

Принципиальной научной новизной является создание нового типа нефтевытесняющих композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений, в частности, координационных соединений многоосновных неорганических кислот с полиолами, химически эволюционирующих непосредственно в пласте с приобретением коллоидно-химических свойств, оптимальных для целей нефтевытеснения, и новых технологических решений с их применением для интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи месторождений высоковязкой нефти на естественном режиме и в сочетании с тепловыми методами.

Технологии с применением разработанных композиций рекомендуются для увеличения нефтеотдачи на месторождениях нефтегазодобывающих компаний России ПАО «ЛУКОЙЛ», «РОСНЕФТЬ», «ГАЗПРОМ НЕФТЬ», «ГАЗПРОМ» и его дочерних предприятий и др. Перспективно их применение на месторождениях Казахстана, Вьетнама, Китая, Саудовской Аравии, ОАЭ, Омана, Ирана, США, Канады и др. Конкретные потребители научно-технических результатов: ООО «ОСК»; Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми, ООО «ЛУКОЙЛ-Коми». Интерес, проявляемый зарубежными специалистами и нефтяными компаниями к полученным результатам на международных выставках и конференциях, отклики на публикации статей в журналах, в интернете, на сайте института, свидетельствует об актуальности результатов исследований по проекту.

Полученные результаты соответствуют требованиям ТЗ и техническим требованиям к проекту, мировому уровню, приоритетному направлению 20б «Стратегии научно-технологического развития РФ» и критической технологии «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи». Задачи исследования по проекту выполнены полностью.