

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 № 2 в период с 01.01.2018 по 31.12.2018 выполнялись следующие работы:

За счет финансирования из средств субсидии:

Разработка лабораторного технологического регламента получения нефтewытесняющих кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений для реализации новых технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи месторождений высоковязкой нефти на естественном режиме и в сочетании с тепловыми методами, технологичных в северных и арктических районах.

Разработка программы и методик исследовательских испытаний новых технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи месторождений высоковязкой нефти на естественном режиме и в сочетании с тепловыми методами с применением циклического и стационарного воздействия на пласт химически эволюционирующими системами – нефтewытесняющими кислотными композициями на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений

Проведение экспериментальных исследований изменения реологических и физико-химических свойств химически эволюционирующих нефтewытесняющих кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений в процессе их взаимодействия с породой коллектора и пластовыми флюидами при естественном режиме разработки залежи высоковязкой нефти и в сочетании с тепловыми методами с применением циклического и стационарного воздействия на пласт.

Проведение экспериментальных исследований изменения реологических характеристик высоковязкой нефти в процессе ее взаимодействия с нефтewытесняющей композицией на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений при паротепловом воздействии на залежь высоковязкой нефти.

Создание технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей тяжелых высоковязких нефтей с карбонатным и теригенным коллекторами с применением химически эволюционирующих композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений при естественном режиме разработки и в сочетании с тепловыми методами с применением циклического и стационарного воздействия на пласт.

Проведение экспериментальных исследований разработанных технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей тяжелых высоковязких нефтей с карбонатным и теригенным коллекторами с применением воздействия на пласт химически эволюционирующими композициями на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений для оценки их эффективности

при естественном режиме разработки, а также при стационарном паротепловом и пароциклическом воздействии на пласт (определены фильтрационные характеристики и коэффициент нефтевытеснения в условиях, моделирующих пластовые, при низких температурах при естественном режиме разработки, а также при паротепловом и пароциклическом воздействии на пласт).

Подготовка заявки на выдачу охранного документа.

За счет внебюджетных средств:

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

Проведение экспериментальных исследований разработанных технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей тяжелых высоковязких нефтей с карбонатным и теригенным коллекторами с применением циклического воздействия на пласт химически эволюционирующими композициями на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений, для оценки их эффективности при естественном режиме разработки (определены фильтрационные характеристики и коэффициент нефтевытеснения при низких температурах в условиях, моделирующих пластовые, при естественном режиме разработки).

Проведение экспериментальных исследований разработанных технологических решений интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей с карбонатным коллектором для оценки их эффективности с применением воздействия на пласт композиции на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений, последовательно сначала при естественном режиме разработки для увеличения проницаемости коллектора, а затем при пароциклическом воздействии (определены фильтрационные характеристики и коэффициент нефтевытеснения в условиях, моделирующих пластовые, сначала при низких температурах, при естественном режиме разработки, а затем при пароциклическом воздействии).

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

Отработка технологии получения нефтевытесняющих кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений для естественного режима разработки и паротеплового воздействия на пласт месторождений высоковязкой нефти. Нарботка опытных партии композиций.

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 нефтевытесняющих кислотных композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений.

При этом были получены следующие результаты:

За счет средств субсидии разработаны лабораторный технологический регламент получения композиций на основе ПАВ, полиолов и комплексных соединений, программа и методика лабораторных испытаний новых технологических решений. Экспериментально исследованы изменения реологических и физико-химических свойств композиций ПАВ при контакте с породой и пластовыми водами. После контакта с карбонатной породой пласта при температуре 23 °С в течение 26 суток значение рН растворов увеличивалось с 1,3-2,7 до 4,1-6,1 ед. рН, плотность с 1053-1252 до 1052-1272 кг/м³, вязкость – с 4,0-160,8 до 6,6-199,5 мПа·с, рисунок 1. При этом значительное увеличение вязкости наблюдалось только у растворов, содержащих соль алюминия AlCl₃. После контакта при температуре 150 °С в

течение 24 час. значение рН увеличилось с 1,3-2,7 до 8,8-9,9 ед. рН, плотность с 1086-1247 до 1119-1267 кг/м³, вязкость – с 2,2-145,6 до 6,5-850,5 мПа·с, рисунок 1. Повышение рН происходит за счет реакции композиций с породой и за счет гидролиза карбамида с образованием СО₂ и аммиака. Значения плотности и вязкости композиций увеличиваются за счет реакции образования растворимых солей двухвалентных металлов глицеринборной и глицеринфосфорной кислот, а также её растворимых внешнесферных циклических комплексов с ионами металлов (Ca²⁺, Mg²⁺ и Al³⁺), обладающими свойствами кислоты Льюиса, за счет концевых гидроксильных групп. Общая растворимость карбонатной породы увеличивается с увеличением концентрации глицерина и борной кислоты в композиции, добавление соли алюминия приводит к кратному увеличению растворимости карбонатной породы, рисунок 2. При этом скорость растворения у композиций с сорбитом существенно выше, чем с глицерином. При взаимодействии высоковязкой нефти с композициями ПАВ при 150 °С в течение 24 час. вязкость нефти снижается в 2-3 раза, при этом уже при температуре 20 °С она является классической ньютоновской жидкостью, рисунок 3.

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. Изучение фильтрационных характеристик и процесса нефтевытеснения при естественном режиме и паротепловом воздействии с композициями ПАВ показало, что прирост коэффициента нефтевытеснения для разработанных технологических решений составил от 6,1 до 35,2 % по колонкам и в среднем по модели неоднородного пласта 18,6-25,8 %, что характеризует их эффективность.

Подана заявка на изобретение № 2018126899 от 20.07.2018 г. «Состав для повышения нефтеотдачи пластов (варианты)», РФ. Авторы: Алтунина Л.К., Кувшинов В.А., Стасьева Л.А. Получено уведомление о положительном результате формальной экспертизы заявки на изобретение и уведомление о рассмотрении ходатайства о проведении экспертизы заявки на изобретение по существу. В отношении продукции, создаваемой с использованием указанного результата интеллектуальной деятельности, выполнена технико-экономическая оценка.

За счет внебюджетных средств проведены дополнительные патентные исследования по ГОСТ 15.011-96. На опытно-экспериментальной базе ИХН СО РАН отработана технология получения композиций на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений, Составлены ТУ, регламенты, наработаны опытные партии композиций. Отобраны 104 пробы нефти и воды Усинского месторождения, исследованы их физико-химические свойства и микрофлора. На пермо-карбоневой залежи Усинского месторождения с ООО «ОСК» успешно проведена апробация 2-х технологических решений увеличения добычи нефти и интенсификация разработки с закачкой композиций ПАВ: 1-е – по восстановлению приемистости и повышению нефтеотдачи при тепловом воздействии, продолжительность эффекта 12 мес., дополнительная добыча нефти по участку составляет 27000 т, или ~3.75 т/сут. на каждую добывающую скважину, то есть наблюдается увеличение добычи нефти и интенсификация разработки; 2-е – закачка композиции перед ПЦО, с дополнительным приростом дебита по нефти в 20 % по сравнению с предыдущим циклом, рисунок 4.

Опубликованы 4 статьи в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus, 3 статьи в тематических журналах и 1 на электронном ресурсе, представлены 5 докладов на международных конференциях, 3 доклада в рамках 2-х выставок и одного форума.

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.

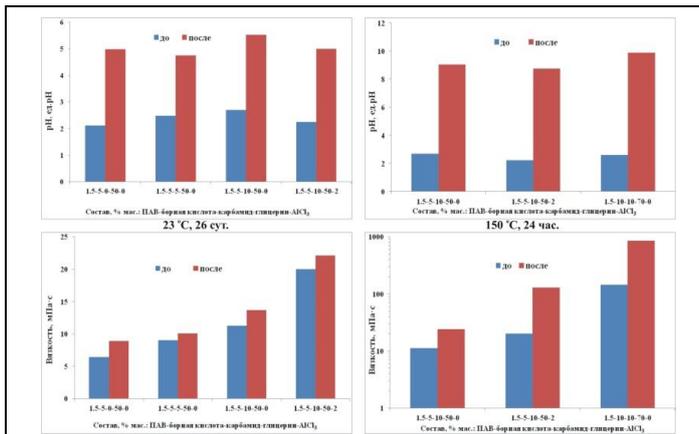


Рис. 1. Изменение физико-химических свойств кислотной композиции на основе ПАВ, полиолов и комплексных соединений после термостагирования с карбонатной породой при 23 и 150 °С

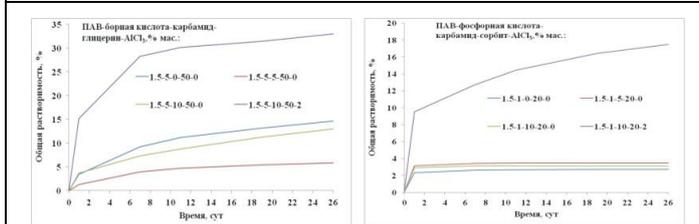


Рис. 2. Общая растворимость карбонатной породы при 23 °С в течение 26 сут. в результате взаимодействия с кислотными композициями на основе ПАВ, полиолов и комплексных соединений

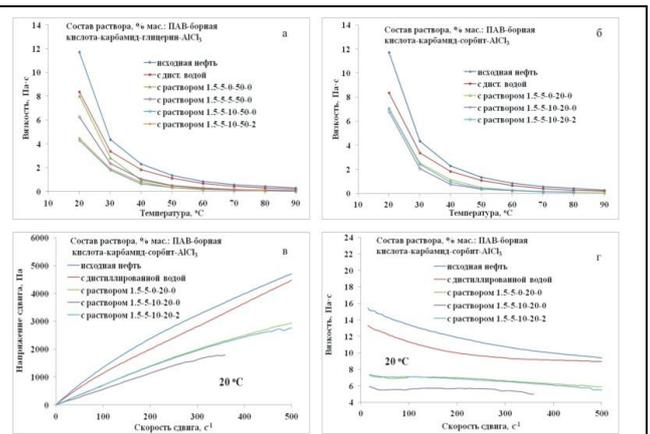


Рис. 3. Снижение вязкости нефти (а, б), реологические кривые течения (в) и вязкости (г) нефти Усинского месторождения до и после термостагирования при 150 °С с композицией ПАВ

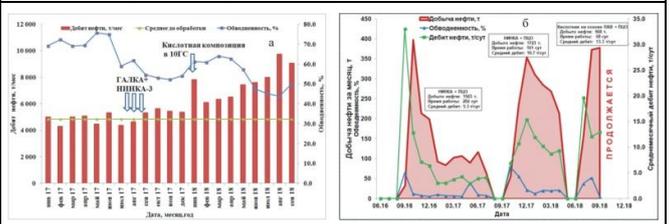


Рис. 4. Результаты апробации технологических решений на Усинском месторождении: закачка кислотной композиции ПАВ для восстановления приемистости и повышения нефтеотдачи при тепловом воздействии (а); закачка перед ПЦО (б) при 23 °С

Разработанные химически эволюционирующие нефтевытесняющие композиции нового типа на основе ПАВ, координирующих растворителей и комплексных соединений рекомендуются для интенсификации разработки и увеличения нефтеотдачи месторождений высоковязкой нефти на естественном режиме и в сочетании с тепловыми методами на месторождениях нефтегазодобывающих компаний России ПАО «ЛУКОЙЛ», «РОСНЕФТЬ», «ГАЗПРОМ НЕФТЬ», «ГАЗПРОМ» и его дочерних предприятий и др. Перспективно применение созданных композиций 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».

Для практического внедрения результатов проекта предполагается выполнение опытно-технологических работ, организация опытно-промышленного и промышленного производства композиций. Интерес, проявляемый зарубежными специалистами и нефтяными компаниями к полученным результатам на международных выставках и конференциях, отклики на публикации статей в журналах, в интернете, в частности, на сайте института, свидетельствует об актуальности результатов исследований по проекту и важности развития информационной инфраструктуры.

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 2-го этапа проекта выполнены полностью.