

Сведения о ходе выполнения проекта
по теме: **«Разработка термотропных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций для повышения нефтеотдачи и технологий их применения совместно с термическими методами добычи нефти»**
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 05.06.2014 г. № 14.607.21.0022, уникальный идентификатор – RFMEFI60714X0022 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе №3 в период с 01.07.2015 г. по 31.12.2015 г. выполнялись следующие работы:

1. Разработка лабораторного технологического регламента получения гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе полимерных систем.

2. Разработка технологий применения термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе полимерных систем и способов их закачки совместно с паротепловым воздействием для увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока.

3. Разработка технологической инструкции по использованию составов гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе полимерных систем и новых технологий их применения для закачки в нефтяные пласты с целью увеличения дебитов и снижения обводненности добывающих скважин при заводнении и паротепловом воздействии.

4. Разработка компьютерной модели формирования отклоняющих экранов при закачке гелеобразующих и золеобразующих композиций.

5. Создание расчетной методики для планирования закачки гелеобразующих и золеобразующих композиций для увеличения нефтеотдачи, ограничения водопритока и интенсификации добычи нефти: расчета необходимого количества реагентов, схемы закачки и прогноза эффективности.

6. Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов работы: участие в тематических конференциях, выставках и т.д.

7. Подготовка заявки на охранный документ.

8. Сбор промысловых данных, отбор проб нефти и породы, образцов используемых реагентов для разработки лабораторного регламента для получения гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе полимерных систем и технологической инструкции по их использованию.

9. Апробация технологий увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых паротепловым воздействием, с применением термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций, в соответствии с разработанной технологической инструкцией. (В зависимости от необходимости применения Индустриальным партнером разрабатываемых технологий для данных геолого-физических условий и состояния разработки месторождений).

При этом были получены следующие результаты:

1. Целью работ по проекту на этапах 2 и 3 являлось создание и исследование гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе полимерных систем и технологий с их применением для увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока в осложненных условиях эксплуатации, в том

числе для залежей высоковязких нефтей, разрабатываемых термическими методами, а также апробация технологий с применением данных композиций совместно с термическими методами добычи.

При выполнении работ по проекту на 3 этапе разработан Лабораторный технологический регламент получения гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе полимерных систем – растворов полимеров с нижней критической температурой растворения (НКТР), предназначенных для закачки в нефтяные пласты с проницаемостью от 50 mD до 10-20 D, в области температур от 30 до 220 °С и минерализации воды до 300 г/дм³. Лабораторный регламент содержит общую характеристику технологии получения композиций, характеристики исходного сырья и свойства полученных композиций, перечень мер безопасности при выполнении работ.

2. Созданы технологии применения термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе полимерных систем и способы их закачки совместно с паротепловым воздействием для увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритоков:

– при площадной закачке пара – технология увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока путем закачки термообратимой полимерной композиции МЕТКА в паронагнетательные скважины для перераспределения фильтрационных потоков и увеличения охвата пласта паротепловым воздействием и в добывающие скважины, гидродинамически связанные с паронагнетательными, для блокирования прорыва воды или пара; можно производить закачку композиции МЕТКА либо только в паронагнетательные скважины, либо только в добывающие скважины, либо комплексно в паронагнетательные и добывающие скважины;

– при пароциклическом воздействии – технология увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока путем закачки в пароциклические скважины термотропной полимерной композиции МЕТКА, способной образовывать термообратимые полимерные гели непосредственно в пластовых условиях.

Технологии направлены на повышение текущего и конечного значений коэффициента нефтеотдачи за счет увеличения охвата пласта при паротепловом или пароциклическом воздействии и ограничения водопритока, достигаемых закачкой через пароциклические или добывающие скважины водных растворов композиций МЕТКА, способных образовывать термообратимые полимерные гели непосредственно в пластовых условиях. Фактором, вызывающим обратимый фазовый переход «раствор – гель» является тепловая энергия пласта или закачиваемого теплоносителя. Образующиеся в пласте гели сдерживают прорыв воды или пара из паронагнетательных в добывающие скважины, перераспределяют фильтрационные потоки пластовых флюидов в нефтяном пласте, что приводит к стабилизации либо снижению обводненности продукции окружающих добывающих или пароциклических скважин, увеличению добычи нефти.

3. Разработана технологическая инструкция, которая регламентирует использование разработанных в рамках проекта термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций МЕТКА на основе полимерных систем и технологий с их применением для увеличения нефтеотдачи за счет выравнивания фронта вытеснения и ограничения водопритоков путем закачки в нефтяные пласты с целью увеличения дебитов и снижения обводненности добывающих скважин при заводнении, паротепловом и пароциклическом воздействии, способ приготовления рабочих растворов композиций, последовательность операций и технику безопасности при проведении работ.

В результате использования технологий происходит перераспределение фильтрационных потоков, сдерживается прорыв воды или пара из нагнетательных в добывающие скважины, что приводит к стабилизации либо снижению обводненности продукции добывающих скважин, увеличению добычи нефти, при этом увеличение конечной нефтеотдачи пласта составит 3-8 %. Удельная дополнительная добыча нефти

при заводнении и паротепловом воздействии составит в среднем 600-3000 тонн на одну скважино-обработку.

4. Разработана компьютерная модель формирования отклоняющих экранов при закачке гелеобразующих и золеобразующих композиций, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых паротепловым воздействием, включающая в себя алгоритмы расчета параметров кольцевых отклоняющих экранов в слоисто-неоднородных пластах. Компьютерная модель реализована в виде программы в математическом пакете MathCad. В Приложении Г отчета о ПНИ за этап №3 содержится оформленное согласно требованиям ЕСПД описание применения программы по ГОСТ 19.502-78, текст программы по ГОСТ 19.401 78 и общее описание программы в соответствии с ГОСТ 19.402-78.

По результатам проверки на реальных промысловых данных, разработанная модель рекомендуется для оценочных расчетов при планировании закачки композиций для увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока, расчета необходимого количества реагентов, схемы закачки и прогноза эффективности. Прогноз эффективности и расчет необходимого количества реагентов по данной модели позволяют оценить технико-экономическую целесообразность применения технологий увеличения нефтеотдачи на конкретном объекте.

5. Создана расчетная методика для планирования закачки композиций для увеличения нефтеотдачи, ограничения водопритока и интенсификации добычи нефти: расчета необходимого количества химреагентов, схемы закачки и прогноза эффективности. Программа «volume_optimization» является алгоритмической реализацией модели формирования отклоняющих экранов при закачке композиций. Исходным языком является расширенный язык XML среды разработки MathSoft MathCad v13. Текст программы представлен в виде листа пакета MathCad. Программа предназначена для расчета параметров кольцевых отклоняющих экранов в слоисто-неоднородных пластах.

Разработанная расчетная методика формализует процесс принятия решений по применению разработанных ИХН СО РАН технологий повышения нефтеотдачи на конкретном объекте. Даны критерии выбора технологий и подходящих для их применения объектов (скважин). Приведены методы расчета необходимого количества реагентов, в том числе метод экспресс-оценки, на начальном этапе планирования обработки. Даны подробные рекомендации по составлению схемы закачки. Также приведены методики прогнозирования эффекта обработок скважин, что позволяет на этапе планирования оценить технико-экономическую эффективность применения выбранной технологии повышения нефтеотдачи на конкретном объекте.

6. Проведены мероприятия, направленные на освещение и популяризацию результатов работы. Участие в форумах и выставках: Международной научно-практической конференции «Особенности разведки и разработки месторождений нетрадиционных углеводородов», Казань; 17-й конференции по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа «Геомодель-2015», г. Геленджик; Российской нефтегазовой технической конференции SPE, г. Россия, г. Москва; XII European Congress on Catalysis "Catalysis: Balancing the use of fossil and renewable resources" Kazan, Russia; IX Международной конференции «Химия нефти и газа», Томск; Международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций», Томск; 10-й Международной Энергетической неделе и 15-ая Всероссийской неделе Нефти и Газа, Москва, получен диплом; 3-ей Международной научно-практической конференции «Интеллектуальное месторождение: инновационные технологии от скважины до магистральной трубы – 2015», получен сертификат, медаль; VIII Международном промышленно-экономическом форуме «Стратегия объединения: Решение актуальных проблем нефтегазового и нефтехимического комплексов на современном этапе», Москва, получен диплом; научных конференциях по итогам реализации в 2015 году прикладных научных

исследований и экспериментальных разработок по приоритетным направлениям в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» Москва, Кемерово; 18-ой Международной выставке химической промышленности и науки "Химия - 2015", Москва.

Результаты работ отражены в статьях, опубликованных в журналах: «Нефть. Газ. Новации». Четыре статьи опубликованы в «AIP Conference Proceedings» – журнале, который выпускается издательством при Американском институте физики (AIP) и индексируется в базе данных Web of Science и 2 статьи, представленные на 17-ой Международной научно-практической конференции «Геомодель 2015» (EAGE), материалы которой индексируются в базе данных Scopus.

7. По результатам выполненной работы оформлена заявка на патент: Изобретение заявка № 2015108521 от 11.03.2015 «Состав для повышения нефтеотдачи пластов и способ его приготовления», РФ. Текст заявки приведен в Приложении Д, отчет о дополнительных патентных исследованиях – в Приложении Е к отчету о ПНИ за этап №3.

8. За счет внебюджетных средств проведены сбор промысловых данных, анализ проб 203 образцов нефтей и пластовых вод из скважин Усинского месторождения.

9. Проведена успешная апробация термотропной полимерной композиции МЕТКА для ограничения водопритока 10-ти добывающих скважин на участке площадной закачки пара пермо-карбонной залежи высоковязкой нефти Усинского месторождения, дополнительно добыто около 10 тыс. тонн нефти.

Созданные и исследованные в результате выполнения 1, 2 и 3 этапов проекта термотропные композиции на основе неорганических и полимерных систем, образующие непосредственно в пласте гель или золь, имеют следующие характеристики: применимость в широком интервале пластовых температур (20-320 °С); низкие температуры застывания, гомогенность; сохраняют свои вязкостные характеристики; обладают термоокислительной устойчивостью в высоко минерализованных пластовых водах, до 300 г/дм³; высокую проникающую способность, применимы в широком диапазоне: для пластов с полимиктовыми, карбонатными и др. коллекторами, различной структуры и проницаемости, в том числе для низкопроницаемых, высоконеоднородных, трещиноватых пластов, разрабатываемых заводнением или паротепловым воздействием.

Принципиальная научная новизна заключается в использовании для повышения эффективности заводнения и комплексного паротеплового и физико-химического воздействия внутрипластовой термотропной генерации гелей и золь с авторегулируемой вязкостью на основе неорганических и полимерных систем, а также в технологических решениях проекта – совместном использовании композиций, генерирующих в пласте подвижные зольные и неподвижные гелевые экраны для увеличения охвата и повышения нефтеотдачи при заводнении и паротепловом воздействии, и комплексе технологических вариантов закачки: градиентной и покомпонентной закачке, реагентоциклики.

Задачи, поставленные в отчетном периоде, выполнены полностью. Полученные результаты соответствуют критической технологии «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи» и техническим требованиям к выполняемому проекту. Полученные результаты соответствуют мировому уровню.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.