

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 1

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.583.21.0064

Тема: «Проведение исследований в области повышения эффективности добычи нефти за счет циклической закачки пара с дымовыми газами, термогазохимического воздействия и переработки попутных нефтяных газов»

Приоритетное направление: Рациональное природопользование (РП)

Критическая технология: Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи

Период выполнения: 23.10.2017 - 30.06.2020

Плановое финансирование проекта: 111.114717 млн. руб.

Бюджетные средства 48.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 63.114717 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

Иностраный партнер-участник совместного проекта: Промышленный университет Сантандера

Ключевые слова: Малодебитные скважины, газогенератор, термогазохимическое воздействие, закачка пара, мембранный катализ, попутные нефтяные газы, переработка, допированные азотом углеродные нанотрубки.

1. Цель проекта

- разработка совмещенного процесса активации малодебитных скважин (в том числе, и для колумбийских месторождений), состоящего из двух стадий: термогазохимического воздействия на нефтяные скважины, циклической закачки пара с добавлением дымового газа;
- развитие технологий переработки попутных нефтяных газов с привлечением мембранного катализа (катализатора на основе карбидов вольфрама и молибдена), гетерогенного катализа на высокопористых ячеистых материалах для получения синтез-газа заданного состава и на его основе моторных топлив;
- развитие технологий получения из нефтяного попутного газа (методом каталитического пиролиза) углеродных нанотрубок, допированных азотом.

2. Основные результаты проекта

Получены следующие основные результаты:

1. Промежуточный отчет об исследованиях, включающий:

- Аналитический обзор литературы
- Результаты обоснования и выбора метода и средств, направлений исследований и способов решения поставленных задач
- Результаты расчета характеристик мембран
- Описание состава твердо топливных композиций
- Описание математической модели элементарных стадий кинетики углекислотной конверсии на основе карбидов.

2. Отчет о патентных исследованиях.

3. Техническая документация, включая:

- Эскизную конструкторскую документацию на изготовление мембран
- Лабораторную методику получения твердо топливных композиций с организацией циклического воздействия
- Лабораторную методику получения допированных азотом углеродных нанотрубок.

1. Основные характеристики полученных результатов (в целом и/или отдельных элементов), созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции.

1) На первом этапе выполнения проекта (2017 год) основные работы проводились по аналитическому обзору имеющихся литературных источников и выбору дальнейших направлений исследований в следующих областях:- утилизация попутных нефтяных газов;

- углекислотная конверсия попутных нефтяных газов в синтез-газ и моторные топлива;
- применение методов повышения нефтеотдачи пластов;
- повышение производительности нефтяных скважин;
- создание рецептур твердого топлива;
- получение из попутных нефтяных газов нанотрубок, допированных азотом.

2) Проведенные патентные исследования дали перспективные технологические и конструктивные решения для каталитической переработки попутных нефтяных газов с использованием в качестве катализаторов карбидов вольфрама и молибдена. Продуктами такой каталитической переработки являются синтез-газ, водород, моторные топлива.

3) Проведенные проектные расчеты мембран, используемых в составе газогенераторов, определили тип мембран – разрывные, материал мембран – сталь, толщину мембраны в зависимости от температуры и давления в скважине.

4) Разработанная эскизная документация для изготовления мембран определяет форму (круглая) и размеры мембраны (толщину, диаметр).

5) Разработан базовый состав твердотопливной композиции, в котором в качестве окислителя используется перхлорат аммония, в качестве связующих – каучуки типа СКФ-32 и СКН-40 с модифицирующими добавками.

6) Для организации циклического действия твердого топлива предлагается использование катализаторов и модификация формы заряда.

7) Разработан состав твердотопливных композиций с циклическим действием и лабораторная методика их приготовления. Характеристика сырья: фторкаучук СКФ-32, синтетический бутадиен-нитрильный каучук СКН-40, политетрафторэтилен (Ф-4), пластификаторы – диоктилсебацат и дибутилфталат, окислитель - перхлорат аммония, технологические добавки - стеарат кальция, металлическое горючее – алюминий. В процессе изготовления твердотопливных композиций все 100% исходных компонентов входят в состав конечного продукта, поэтому стоки, выброс газов и отходы отсутствуют.

8) Разработана математическая модель элементарных стадий кинетики углекислотной конверсии попутных нефтяных газов на катализаторе на основе карбидов вольфрама и молибдена.

9) Разработана лабораторная методика получения допированных азотом углеродных нанотрубок путем каталитического пиролиза попутных нефтяных газов. В качестве оборудования используется лабораторная установка с CVD-реактором проточного типа. Реактор изготовлен из стали 08X18H10 (диаметр наружный – 30 мм, толщина стенки – 1 мм. Реактор предьявляется в следующей комплектности:

- цилиндрический корпус со штуцером для подачи реагентов и термопарным чехлом, размещенных в днище реактора и с внутренней резьбой для герметичного соединения с крышкой;
- крышка реактора со штуцером для отвода газообразных продуктов синтеза из реакционной зоны.

2. Оценка элементов новизны научных (технологических) решений, применявших методик и решений:

В проекте представлены следующие новые научные и технологические решения.

1) Впервые предложено осуществлять комплексное воздействие на нефтяные скважины, включающее термогазохимическую обработку призабойной зоны пласта и циклическую закачку перегретого водяного пара с добавлением дымовых газов либо азота. Такое воздействие особенно эффективно в случае месторождений высоковязкой нефти, так как термогазохимическое воздействие позволяет улучшить связь нефтяной залежи со стволом скважины (образование сети трещин, увеличение диаметра пор), а циклическая закачка пара – увеличить поток нефти (снижение вязкости и рост фазовой подвижности).

2) Предложен новый состав твердотопливной композиции для циклического воздействия на призабойную зону скважины. Циклический характер воздействия регулируется либо добавлением катализаторов горения топлива, либо изменением геометрии заряда.

3) Исследованы механизмы каталитического преобразования компонентов попутных нефтяных газов (метан, этан, пропан) в синтез-газ на карбидах молибдена и вольфрама. Впервые оценка кинетических констант отдельных стадий механизма выполнена на основе согласованности экспериментальных и рассчитанных по модели значений конверсии с учетом термодинамической непротиворечивости параметров и согласованности значений изменения энтропии, вычисленного по балансовым соотношениям для реактора, и вычисленного с использованием значений химического средства.

4) Предложена новая конструкция мембранного реактора для получения синтез-газа, в котором соотношение CO и H₂ приближается к 1:1.

5) Предложено использовать разрывные мембраны в конструкциях спускаемых в скважину газогенераторах.

6) Предложена новая лабораторная методика приготовления твердо топливных составов с циклическим действием.

7) Предложена новая лабораторная методика получения нанотрубок, допированных азотом.

3. Подтверждение соответствия полученных результатов требованиям к выполняемому проекту

На I этапе выполнения проекта были получены получателем субсидии следующие результаты.

1) Проведен аналитический обзор литературы по проблемам утилизации попутных нефтяных газов, углекислотной конверсии попутных нефтяных газов в синтез-газ и моторные топлива, применения методов повышения нефтеотдачи пластов, повышения производительности нефтяных скважин, создания рецептур твердого топлива, получения из попутных нефтяных газов нанотрубок, допированных азотом.

Этот результат соответствует пунктам 2.1., 3.1.1. Технического задания.

2) Сделан обоснованный выбор направлений дальнейших исследований.

Этот результат соответствует пунктам 2.1., 3.1.2. Технического задания.

3) Проведены патентные исследования.

Этот результат соответствует пунктам 2.4., 3.1.3., 5.1., 6.1.2. Технического задания.

4) Выполнено проектирование разрывных мембран для блока воспламенения в составе газогенератора.

Этот результат соответствует пунктам 2.1., 3.1.4. Технического задания.

5) Разработана эскизная документация для изготовления разрывных мембран.

Этот результат соответствует пунктам 2.6., 3.1.5., 6.1.3. 1) а) Технического задания.

6) На основе смесевых топлив разработан состав твердо топливных композиций с циклическим термогазохимическим воздействием на призабойную зону.

Этот результат соответствует пунктам 2.1., 2.4., 3.1.1., 3.1.2., 3.1.7., 4.1.1., 4.2.1. Технического задания.

7) Разработана лабораторная методика для создания твердо топливных композиций с организацией циклического воздействия.

Этот результат соответствует пунктам 2.1., 2.2., 3.1.6., 6.1.3. 3) Технического задания.

8) Разработана математическая модель элементарных стадий кинетики углекислотной конверсии попутных нефтяных газов на катализаторе на основе карбидов вольфрама и молибдена.

Этот результат соответствует пунктам 2.1., 2.5., 3.1.1., 3.1.2., 3.1.8. Технического задания.

9) Разработана лабораторная методика получения допированных азотом углеродных нанотрубок путем каталитического пиролиза попутных нефтяных газов.

Этот результат соответствует пунктам 2.1., 2.2., 3.1.9., 4.3.3., 6.1.3. 4) Технического задания.

В отчете Индустриального университета Сантандер были представлены следующие результаты.

1) Результаты исследований процесса циклической закачки пара, этапы процесса, происходящие явления и техническое рассмотрение.

Эти результаты соответствуют требованию пункта 3.2.1. Технического задания «Должен быть исследован процесс циклической закачки пара, этапы процесса, происходящие явления и техническое рассмотрение».

2) Оценки эффектов при закачке дымовых газов и азота на месторождениях в условиях высоких давлений и температур.

Этот результат соответствует требованию пункта 3.2.2. Технического задания «Должна быть проведена оценка эффектов при закачке дымовых газов и азота на месторождениях в условиях высоких давлений и температур».

3) Анализ параметров с наибольшим влиянием на процесс циклической закачки дымовых газов либо азота с водяным паром.

Этот результат соответствует требованию пункта 3.2.3. Технического задания «Должен быть проведен анализ параметров с наибольшим влиянием на процесс циклической закачки дымовых газов либо азота с водяным паром».

4) Оценки свойств горной породы и органического флюида, при которых применение процесса циклической закачки дымовых газов либо азота с водяным паром оказывается эффективным.

Этот результат соответствует требованию пункта 3.2.4. Технического задания «Должна быть проведена оценка свойств горной породы и органического флюида, при которых применение процесса циклической закачки дымовых газов либо азота с водяным паром оказывается эффективным».

5) Обзор публикаций по влиянию закачки дымовых газов либо азота с водяным паром на свойства породы и органического флюида.

Этот результат соответствует требованию пункта 3.2.5. Технического задания «Должен быть проведен обзор публикаций по влиянию закачки дымовых газов либо азота с водяным паром на свойства породы и органического флюида».

4. Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющих мировой уровень

На первом этапе были получены, в основном, теоретические результаты. Это аналитический обзор литературы по проблемам утилизации попутных нефтяных газов, углекислотной конверсии попутных нефтяных газов в синтез-газ и моторные топлива, применения методов повышения нефтеотдачи пластов, повышения производительности нефтяных скважин, создания рецептур твердого топлива, получения из попутных нефтяных газов нанотрубок, допированных азотом; выбор направлений дальнейших исследований; патентные исследования; проектирование разрывных мембран для блока воспламенения в составе газогенератора; эскизная документация для изготовления разрывных мембран; состав твердоотопливных композиций с циклическим термогазохимическим воздействием на призабойную зону; лабораторная методика для создания твердоотопливных композиций с организацией циклического воздействия; математическая модель элементарных стадий кинетики углекислотной конверсии попутных нефтяных газов на катализаторе на основе карбидов вольфрама и молибдена; лабораторная методика получения допированных азотом углеродных нанотрубок путем каталитического пиролиза попутных нефтяных газов. Поскольку полученные на 1 этапе результаты не являются завершением исследования сравнивать их с лучшими мировыми аналогами достаточно трудно. Тем не менее, полученные результаты можно сравнивать с лучшими мировыми аналогами с точки зрения их научной новизны и потенциальных возможностей.

Так, создаваемые новые виды научно-технической продукции (моторные масла, углеродные нанотрубки (допированных азотом), новые методики и принципы работы, позволяющие достичь существенных результатов в нефтедобыче и переработке попутного нефтяного газа, а также разрабатываемые соответствующие технологии с учетом результатов выполненного подробного аналитического обзора по каждому из разделов проекта дают основание говорить об соответствии либо превосходстве получаемых в проекте результатов по сравнению с лучшими мировыми аналогами.

Впервые предложено осуществлять комплексное воздействие на нефтяные скважины, включающее термогазохимическую обработку призабойной зоны пласта и циклическую закачку перегретого водяного пара с добавлением дымовых газов либо азота. Такое воздействие особенно эффективно в случае месторождений высоковязкой нефти, так как термогазохимическое воздействие позволяет улучшить связь нефтяной залежи со стволом скважины (образование сети трещин, увеличение диаметра пор), а циклическая закачка пара – увеличить поток нефти (снижение вязкости и рост фазовой подвижности). В настоящее время в большинстве нефтедобывающих стран столкнулись с необходимостью разработки технологий добычи высоковязких нефтей. Существующая технология парогравитационного стекания является высокозатратной и, часто, нерентабельной. Поэтому развиваемые в проекте технологические решения (модификация парогравитационного стекания предварительной термогазохимической обработкой скважин и циклической закачкой дымовых газов) позволят создать технологии добычи высоковязких нефтей, соответствующие либо превосходящие мировой уровень.

До настоящего времени при применении термогазохимического метода используют одноимпульсное воздействие. В проекте предложен новый состав твердоотопливной композиции для циклического воздействия на призабойную зону скважины. Циклический характер воздействия регулируется либо добавлением катализаторов горения топлива, либо изменением геометрии заряда. Это позволяет существенно продвинуть эффективность термогазохимического воздействия на призабойную зону пласта и, тем самым, увеличить производительность нефтяных скважин.

В проекте достигнут значительный прогресс в исследовании механизмов каталитического преобразования компонентов попутных нефтяных газов (метан, этан, пропан) в синтез-газ на карбидах молибдена и вольфрама (по данным литературных источников таких исследований не проводилось). Впервые оценка кинетических констант отдельных стадий механизма выполнена на основе согласованности экспериментальных и рассчитанных по модели значений конверсии с учетом термодинамической непротиворечивости параметров и согласованности значений изменения энтропии, вычисленного по балансовым соотношениям для реактора, и вычисленного с использованием значений химического сродства.

Авторами проекта предложена новая конструкция мембранного реактора для получения синтез-газа, в котором соотношение CO и H₂ приближается к 1:1, что превосходит имеющиеся мировые аналоги, учитывая меньшую стоимость предлагаемых

катализаторов.

Впервые предложено использовать разрывные мембраны в конструкциях спускаемых в скважину газогенераторов, что позволяет их применение для наклонных и горизонтальных скважин без использования геофизического кабеля.

Предложена новая лабораторная методика приготовления твердотопливных составов с циклическим действием, которая является основой для дальнейшей разработки промышленной технологии.

Предложена новая лабораторная методика получения нанотрубок, допированных азотом. Данная методика позволит на следующих этапах создавать образцы допированных азотом нанотрубок и разрабатывать технологическое оборудование.

Сравнивая полученные на 1 этапе проекта результаты с лучшими мировыми образцами (по литературным источникам) можно заключить, что полученные на этапе основные результаты по новизне и потенциалу применения соответствуют либо превосходят аналогичные работы.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

На данном этапе работ охраноспособные документы не разрабатывались.

4. Назначение и область применения результатов проекта

1) Полученные в проекте результаты могут найти применение в нефтедобывающей и газоперерабатывающей отраслях хозяйства. Результаты позволяют создать продукты, востребованные в химической промышленности (синтез-газ, водород), в энергетике (моторные топлива) и в других технических приложениях (углеродные нанотрубки, допированные азотом

2) Практическое внедрение результатов проекта возможно в нефтедобывающих компаниях, в компаниях химического профиля и в компаниях, занимающихся разработкой новых материалов.

3) Полученные в проекте результаты могут оказать влияние на развитие научно-технологических направлений в области добычи и переработки углеводородного сырья. В рамках международного сотрудничества полученные результаты служат развитию материально-технической и информационной инфраструктуры.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Результаты проекта имеют научно-технические и социально-экономические эффекты:

- развиваются технологии добычи нефти и переработки попутного нефтяного газа;
- повышается производительность труда и снижается энергоёмкость производства.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Коммерциализация проектом не предусмотрена

7. Наличие соисполнителей

Соисполнителей проектом не предусмотрено

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

Исполняющий обязанности ректора

(должность)

(подпись)

Мажуга А.Г.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

Заведующий кафедры кибернетики химико-технологических процессов

(должность)

(подпись)

Глебов М.Б.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.