

**Информация о проекте, выполненного в рамках
ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: № 14.577.21.0106 от 22 сентября 2014 года

Тема: «Разработка технологии утилизации тяжелых нефтяных остатков путем электромагнитной обработки в сочетании с традиционными каталитическими методами для получения топливных продуктов»

Приоритетное направление: Рациональное природопользование. Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.

Критическая технология: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения. Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе.

Период выполнения: 22.09.2014г.-31.12.2016 г.

Исполнитель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (кафедра физической и коллоидной химии)

Индустриальный партнер: ООО «Актив»

Ключевые слова: амбарные нефтешламы, шламы нефти и нефтепродуктов, шламонакопители, электромагнитное поле, крекинг, каталитический крекинг, гидрокрекинг, окислительное обессеривание, мезопористые катализаторы, бензиновая фракция, керосино-дизельная фракция, газойлевая фракция, топочный мазут

Научный руководитель: проф. Винокуров В.А.

1. Цель прикладного научного исследования:

1.1 Разработка новых прототипов технических решений с получением экспериментальных образцов готовых продуктов нефтехимии и нефтепереработки из тяжелых нефтяных остатков с использованием для переработки новых химических методов (и их сочетании с физическими) для обеспечения снижения уровня экологической нагрузки на окружающую среду и достижения конверсии углеродсодержащей части сырья не менее 90%.

1.2 Макетирование различных технических решений и технологических условий переработки нефтяных отходов с получением готовых продуктов, изготовление экспериментальных образцов продуктов и оборудования для химической переработки нефтяных отходов.

2. На этапе № 1-5 в период с 28.11.2014г. по 31.12.2016г. были проведены следующие работы:

по 1-му этапу «Выбор направления исследований»:

1. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, в том числе, обзор научных информационных источников.

2. Выбрано и обосновано направление исследований, в том числе:

- проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96;
- проведена сравнительная оценка эффективности возможных направлений исследований;
- разработаны варианты возможных решений, выбран и обоснован оптимальный вариант решения задачи.

3. Разработана ПМ экспериментальных исследований для получения экспериментальных данных по функционированию разрабатываемых катализаторов и процесса электромагнитной активации сырья, позволяющая проводить следующие исследования:

- исследования состава и физико-химических характеристик нефтешламов и тяжелых нефтяных остатков и осуществления выбора объектов для утилизации тяжелых нефтяных остатков для выполнения экспериментальных исследований;

- исследования влияния показателей процесса (температуры, давления, объемной скорости подачи сырья, соотношения сырья: водород, наличия катализаторов, частоты и мощности излучения, время активации) на состав и выход продуктов утилизации и переработки тяжелых нефтяных отходов.

4. Проведены исследования состава и физико-химических характеристик нефтешламов и тяжелых нефтяных остатков и осуществлен выбор объектов для утилизации тяжелых нефтяных остатков для выполнения экспериментальных исследований.

5. Проведены экспериментальные исследования для получения экспериментальных данных по функционированию разрабатываемых катализаторов и процесса электромагнитной активации сырья, в том числе:

- исследования влияния показателей процесса (температуры, давления, объемной скорости подачи сырья, соотношения сырья: водород, наличия катализаторов, частоты и мощности излучения, время активации) на состав и выход продуктов утилизации и переработки тяжелых нефтяных отходов.

6. Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный стенд для исследований переработки тяжелых нефтяных отходов.

7. Разработана ПМ лабораторных испытаний экспериментального стенда для исследований переработки тяжелых нефтяных отходов.

За счет внебюджетных средств:

8. Аналитическое оборудование, приобретённое ранее за счет средств из внебюджетных источников, использовано для исследования физико-химических характеристик нефтешламов и тяжелых нефтяных остатков, а также для исследования катализаторов и процесса электромагнитной активации сырья.

9. Подготовлена площадка для размещения экспериментального стенда для исследований переработки тяжелых нефтяных отходов (ремонт помещения, подведение коммуникаций к площадке: электричество, система вентиляции, водопровод и канализация, средства пожаротушения (работы выполнены за счет средств Индустриального партнера).

по 2-му этапу «Теоретические исследования поставленных перед ПНИ задач»:

1. Разработана математическая модель процесса электромагнитной активации сырья для утилизации тяжелых нефтяных отходов.

2. Разработаны математические модели функционирования разрабатываемых катализаторов крекинга и гидрокрекинга, окислительного обессеривания для переработки нефтяных отходов в готовую продукцию.

3. Получены значения расходных показателей сырья, вспомогательных материалов, тепла, электроэнергии, воды для процесса переработки нефтяных отходов в готовую продукцию с использованием электромагнитной активации сырья в сочетании с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга, окислительного обессеривания на основании разработанных математических моделей.

4. Изготовлен экспериментальный стенд для исследований переработки тяжелых нефтяных отходов химическими методами: электромагнитная активация сырья в комбинации с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга с получением готовых продуктов нефтехимии и нефтепереработки.

5. Проведены лабораторные испытания экспериментального стенда по разработанной Программе и методикам его испытаний.

6. Разработан лабораторный технологический регламент получения катализатора и проведения процесса окислительного обессеривания сырья (тяжелых нефтяных остатков) и получаемых продуктов переработки.

7. Разработана ПМ лабораторных испытаний катализатора для процесса окислительного обессеривания сырья (тяжелых нефтяных остатков) и получаемых продуктов переработки.

8. Проведены дополнительные патентные исследования.

За счет внебюджетных средств:

9. Аналитическое оборудование, приобретённое ранее за счет средств из внебюджетных источников, использовано для исследования процессов электромагнитной активации сырья в комбинации с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга.

10. Подготовлена и подана заявка на охранный документ.

Работы, выполненные Индустриальным партнером за счет внебюджетных средств:

11. Проведен монтаж экспериментального стенда для исследований переработки тяжелых нефтяных отходов на подготовленной площадке, пусконаладочные работы.

12. Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальную установку для переработки тяжелых нефтяных отходов.

13. Закуплены комплектующие для экспериментальной установки (трубы, манометры, расходомеры, датчики температуры, крепежные элементы).

14. Закуплено оборудование (насосы, частотники, пускатели, стабилизаторы напряжения, регуляторы давления, счетчики газа, регуляторы потока) для изготовления экспериментальной установки.

по 3-му этапу «Экспериментальные исследования поставленных перед ПНИ задач (очередь 1)»:

1. Изготовлен экспериментальный образец катализатора окислительного обессеривания тяжелых нефтяных остатков.

2. Проведены лабораторные испытания экспериментального образца катализатора окислительного обессеривания тяжелых нефтяных остатков.

3. Разработан лабораторный технологический регламент получения катализаторов для каталитического крекинга и для гидрокрекинга для переработки тяжелых нефтяных отходов.

4. Разработана ПМ лабораторных испытаний катализаторов для каталитического крекинга тяжелых нефтяных остатков и катализаторов для гидрокрекинга получаемых продуктов переработки нефтяных отходов.

5. Изготовлены экспериментальные образцы катализаторов по разработанным лабораторным регламентам их получения:

- катализатора для каталитического крекинга тяжелых нефтяных остатков;
- катализатора для гидрокрекинга получаемых продуктов переработки нефтяных отходов.

6. Проведены лабораторные испытания экспериментальных образцов катализаторов для каталитического крекинга и для гидрокрекинга для переработки тяжелых нефтяных отходов разработанной Программе и методикам их испытаний.

7. Разработан лабораторный технологический регламент процесса переработки нефтяных отходов в готовую продукцию с использованием электромагнитной активации сырья в сочетании с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга, окислительного обессеривания, в том числе: получены экспериментальные данные о функционировании катализаторов для каталитического крекинга и гидрокрекинга для точного составления материального баланса процессов.

8. Разработана ПМ лабораторных испытаний процесса переработки нефтяных отходов в готовую продукцию с использованием электромагнитной активации сырья в сочетании с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга, окислительного обессеривания.

За счет внебюджетных средств:

9. Аналитическое оборудование, приобретённое ранее за счет средств из внебюджетных источников, использовано для изготовления и лабораторных испытаний катализаторов.

10. Принято участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов ПНИ.

Работы, выполненные Индустриальным партнером за счет внебюджетных средств:

11. Произведен демонтаж экспериментального стенда для исследований переработки тяжелых нефтяных отходов.

12. Изготовлена, смонтирована и проведены пусконаладочные работы экспериментальной установки для переработки тяжелых нефтяных отходов.

по 4-му этапу «Экспериментальные исследования поставленных перед ПНИ задач (очередь 2)»:

1. Проведены лабораторные испытания процесса переработки нефтяных отходов в готовую продукцию с использованием электромагнитной активации сырья в сочетании с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга, окислительного обессеривания.
2. Разработана ПМ лабораторных испытаний лабораторных образцов готовых продуктов нефтехимии и нефтепереработки.
3. Изготовлены лабораторные образцы готовых продуктов нефтехимии и нефтепереработки, в том числе:
 - бензиновой фракции;
 - керосино-дизельной фракции;
 - газойлевой фракции;
 - газообразных продуктов - сырья для нефтехимии.
4. Проведены лабораторные испытания лабораторных образцов готовых продуктов нефтехимии и нефтепереработки, в том числе изучен состав получаемых продуктов переработки.
5. Проведены дополнительные патентные исследования.
За счет внебюджетных средств:
6. Аналитическое оборудование, приобретённое ранее за счет средств из внебюджетных источников, использовано для исследований состава получаемых продуктов переработки тяжелого нефтяного сырья.
7. Подготовлена и подана заявка на охраняемый документ.
8. Подготовлены и поданы документы для участия в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов ПНИ.
9. Аналитическое и технологическое оборудование, приобретённое ранее за счет средств из внебюджетных источников, использовано для переработки нефтяных отходов с использованием электромагнитной активации сырья, каталитических процессов крекинга, гидрокрекинга и окислительного обессеривания.

по 5-му этапу «Обобщение и оценка результатов исследований»:

1. Проведен анализ данных экспериментальных исследований.
2. Проведены обобщение и оценка полученных результатов, в том числе:
 - оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем;
 - анализ выполнения требований технического задания на ПНИ;
 - оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей ПНИ.
3. Разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации оборудования для получения готовых продуктов нефтехимии и нефтепереработки с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера - организации реального сектора экономики.
4. Разработаны методические рекомендации по применению технологии утилизации тяжелых нефтяных остатков путем электромагнитной обработки в сочетании с традиционными каталитическими методами на площадке индустриального партнера.
5. Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов.
6. Разработан проект технического задания на проведение ОТП по теме: «Разработка технологии электромагнитной активации нефтяного сырья в комбинации с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга, окислительного обессеривания для получения опытных образцов топливных продуктов».
За счет внебюджетных средств за счет Индустриального партнера:
7. Изготовлены опытные партии топлива (дизельная, бензиновая, керосиновая фракции) на экспериментальной установке для переработки тяжелых нефтяных отходов в количестве 3 партий суммарной массой более 1 тонны.
8. Проведены исследования характеристик полученных образцов готовой продукции.

3. Основные результаты по проекту:

1) Краткое описание основных полученных результатов.

Разработаны математические модели процесса электромагнитной активации нефтешлама (НШ), функционирования катализаторов крекинга (равновесный смесевой катализатор состава 40% омского катализатора + 60% катализатора марки "Grace") и гидрокрекинга (катализатор СГК) негидроочищенного нефтешлама (НГНШ), окислительного обессеривания НГНШ в присутствии катализаторов – муравьиной кислоты и молибдата натрия с использованием полного факторного плана экспериментов 23. Проведена оптимизация процессов электромагнитной активации НШ, каталитического крекинга и окислительного обессеривания АНШ. На основании разработанных математических моделей получены значения расходных показателей сырья, вспомогательных материалов, тепла, электроэнергии, воды для данных процессов переработки.

Составлены кинетические схемы процесса каталитического крекинга смеси вакуумного газойля (ВГ) с НШ в присутствии катализатора DA-250 фирмы Грейс и мезопористых алюмосиликатных катализаторов Al-HMS(2), Al-SBA-25, разработанных в МГУ им. М.В. Ломоносова и активированного НШ, получены кинетические уравнения, рассчитаны константы скоростей и энергии активации процессов. Изготовлен экспериментальный стенд электромагнитной активации НШ в комбинации с каталитическим крекингом и гидрокрекингом с целью получения топливных компонентов. Проведены лабораторные испытания экспериментального стенда по разработанной ПИМ.

Разработан лабораторный технологический регламент получения катализатора и проведения процесса окислительного обессеривания НГНШ. Разработаны ПИМ лабораторных испытаний катализатора для процесса окислительного обессеривания сырья (тяжелых нефтяных остатков) и получаемых продуктов переработки.

Изготовлен экспериментальный образец (ЭО) катализатора окислительного обессеривания тяжелых нефтяных остатков и продуктов их каталитической переработки, проведены лабораторные испытания экспериментального образца катализатора окислительного обессеривания НШ, разработаны лабораторные технологические регламенты получения катализаторов крекинга и гидрокрекинга, разработаны ПИМ лабораторных испытаний катализаторов для каталитического крекинга и гидрокрекинга, изготовлены ЭО катализаторов крекинга и гидрокрекинга по разработанным лабораторным регламентам их получения, проведены лабораторные испытания полученных катализаторов крекинга и гидрокрекинга АНШ и ВГ, неактивированных ВГ и НШ по разработанным ПИМ лабораторных испытаний катализаторов, разработаны лабораторные технологические регламенты процессов переработки нефтяных остатков в готовую продукцию с использованием электромагнитной активации сырья в сочетании с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга, окислительного обессеривания, разработаны ПИМ лабораторных испытаний разработанных процессов.

Проведены лабораторные испытания процесса электромагнитной активации обезвоженного нефтяного компонента, выделенного из донных осадков биологических прудов очистных сооружений филиала ОАО АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфанефтехим», обводненных донных осадков и лабораторные испытания процессов крекинга, гидрокрекинга и окислительного обессеривания АНШ.

Разработаны ПИМ лабораторных испытаний лабораторных образцов готовых продуктов, полученных в процессах крекинга, гидрокрекинга и окислительного обессеривания АНШ и изготовлены лабораторные образцы готовых продуктов в соответствии с разработанными ПИМ. Проведены лабораторные испытания лабораторных образцов готовых продуктов.

Проведены дополнительные патентные исследования по ГОСТ Р 15.011-96 по определению патентоспособности способа переработки тяжелого углеводородного сырья, в т.ч. с высоким содержанием воды.

Проведен анализ проведенных экспериментальных исследований. Проведены обобщение и оценка полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем, по выполнению требований технического задания, полноты решения задач и достижения поставленных целей ПНИ. Разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации оборудования для получения готовых продуктов нефтехимии и нефтепе-

переработки с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера. Разработаны методические рекомендации по применению технологии утилизации тяжелых нефтяных остатков путем электромагнитной обработки в сочетании с традиционными каталитическими методами на площадке индустриального партнера. Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов. Разработан проект технического задания на проведение ОТР по теме: «Разработка технологии электромагнитной активации нефтяного сырья в комбинации с каталитическими процессами крекинга и гидрокрекинга, окислительно-го обессеривания для получения опытных образцов топливных продуктов».

Изготовлены опытные партии топлива (бензиновая, керосино-дизельная, газойлевая фракции) из нефтешлама на экспериментальной установке каткрекинга Индустриального партнера для переработки тяжелых нефтяных отходов, созданной в рамках проекта. Определены характеристики полученных опытных партий готовой продукции. Характеристики полученных топлив соответствуют требованиям ТЗ проекта.

2) Основные характеристики полученных результатов.

На основе разработанных математических моделей найдены оптимальные условия проведения процессов каткрекинга, гидрокрекинга и окислительного обессеривания АНШ: каткрекинг – частота электромагнитного излучения - 50,5 МГц, мощность излучения – 0,55 кВт и время активации – 6 час, температура каталитического крекинга – 413,4 °С, скорость подачи сырья – 19,5 ч⁻¹; гидрокрекинг – частота электромагнитного излучения - 47,5 МГц, мощность излучения – 0,35 кВт, время активации – 3,5 час, температура – 436 °С, давление – 6,1 МПа; окислительное обессеривание – соотношение сера: перекись водорода = 1:6, температура обессеривания – 80 °С, температура термолiza продуктов обессеривания – 360 °С.

Установлено, что катализатор окислительного обессеривания представляет собой пероксокомплекс переходного молибдена и образуется при смешении вольфрамата натрия, серной кислоты и триэтилбензиламмоний хлорида непосредственно перед началом обессеривания. Лабораторные испытания ЭО катализатора показали, что проведение процесса обессеривания на образце субстрата массой 50 мл требуется 0,05- 0,1 г катализатора и катализатор выдерживает около 6 циклов непрерывной работы без существенной потери активности и обеспечивает содержание серы в получаемом образце не более 500 ppm, что соответствует требованиям ТЗ.

Получен ЭО катализатора крекинга, который представляет собой смесь упорядоченного мезопористого оксида кремния МСМ-41 (17% масс.), гамма-оксида алюминия (49 % масс.) и цеолита-Υ (30% масс.) с добавкой лантана в ненулевом валентном состоянии в количестве 3% масс. (La₂O₃/МСМ-41+γ-Al₂O₃), что соответствует требованиям ТЗ. Полученные характеристики соответствуют требованиям ТЗ.

Получен ЭО катализатора гидрокрекинга, который представляет собой смесь смеси носителя – мезопористого алюмосиликата Al-HMS/γ-Al₂O₃ с нанесенными гидрирующими промоторами NiO (5,1% масс.) и MoO₃ (18,0%) общей формулы NiO-MoO₃/Al-HMS/γ-Al₂O₃ с удельной поверхностью 955 м²/г., что соответствует требованиям ТЗ.

Показано, что каталитический крекинг АНШ, полученного из обезвоженного НШ протекает при температуре ниже 500 °С (413 °С) и давлении ниже 10 МПа (атмосферное.) с конверсией 92,7% и позволяет получать выход светлых нефтепродуктов выше 50% (73%), побочных продуктов менее 10% (7,3%), получать газообразные продукты с содержанием углеводородов C₁-C₄ не менее 70% (72,1%) и снизить содержание серы в получаемой широкой фракция светлых нефтепродуктов в 3 раза по сравнению с исходным сырьем, что соответствует требованиям ТЗ.

Разработан способ переработки серосодержащего нефтешлама с высоким содержанием воды, включающий предварительное смешение нефтешлама с углеводородным растворителем, активирование полученного продукта воздействием на последний электромагнитным излучением с частотой 40 – 55 МГц, мощностью 0,2 – 0,6 кВт при продолжительности активации 1-8 ч и температуре 40-70 °С. на экспериментальном образце высокочастотного активатора, отделение от активированного продукта углеводородной, водной и твердой фаз, отгонку из углеводородной фазы углеводородного растворителя. В результате получают АНШ в групповом составе которого происходят заметные изменения (уменьшение содержания пентазамещенных нафтенных более, чем в 3 раза по сравнению с неактивированным НШ). Показано, что каткрекинг полученного АНШ в соответствии со стандартом ASTM D 3907 (MAT) позволяет увеличить выход светлых на

8%.

Показано, что сочетание предварительной активации и окислительного обессеривания НШ позволяет при каткрекинге АНШ НШ в присутствии разработанного мезопористого цеолит-содержащего катализатора с добавкой окиси лантана снизить содержание серы в жидком продукте до 50 мг/кг.

Показано, что гидрокрекинг АНШ протекает при температуре ниже 500°C (431°C) и давлении ниже 10 МПа (6,1 МПа) с конверсией 91% и позволяет получать выход светлых нефтепродуктов выше 50% (57%), побочных продуктов менее 10% (9%), снизить содержание серы в получаемой широкой фракции светлых нефтепродуктов в 64 раза по сравнению с исходным сырьем, получать газообразные продукты с содержанием углеводородов C1-C4 не менее 70% (71,5%), что соответствует требованиям ТЗ.

С целью получения лабораторных образцов готовых продуктов (300 г. каждая) был смонтирован экспериментальный образец установки каталитического крекинга АНШ с подачей сырья 98 г за один проход при объемной скорости 19,25 ч⁻¹ в присутствии мезопористого цеолитсодержащего катализатора с добавкой лантана La₂O₃/MCM-41/цеолит Y/γ-Al₂O₃ при температуре ниже 413°C и атмосферном давлении. Получены при этом бензиновая, керосино-дизельная и газойлевая фракции в количестве 300 г каждая с выходом соответственно 50, 23 и 7,3% мас., качество которых соответствует требованиям ТЗ. На основании полученных результатов на данной установке разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации разработанного и приобретаемого оборудования для экспериментальной установки каткрекинга Индустриального партнера для получения готовых продуктов и методические рекомендации по применению технологии на площадке Индустриального партнера.

Получены опытные партии бензиновой (БФ), керосино-дизельной (КДФ), газойлевой фракций (ГФ) в количестве по 350 кг каждая на созданной экспериментальной установке каткрекинга Индустриального партнера для переработки тяжелых нефтяных отходов мощностью 8760 т/год. Определены для БФ и КДФ плотность, содержание серы, алифатических и ароматических углеводородов. Для ГФ – плотность, содержание серы, температура застывания, коксуемость. Полученные характеристики опытных партий топлив соответствуют требованиям ТЗ проекта.

Определены показатели экономической эффективности экспериментальной установки каткрекинга Индустриального партнера, мощностью 8760 т/год, при нормативе энергозатрат при каткрекинге - 60 кВт·ч/т сырья, нормативе энергозатрат при ЭМО - 5 кВт·ч /т сырья, нормативе расхода тепла на нагрев сырья - 0,96 Гкал/т сырья и базовым КПД – 80% чистый дисконтированный доход составил 143,9 млн.руб., внутренняя норма рентабельности – 31,1%, дисконтированный срок окупаемости - 5,3 лет.

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

Новизной данного проекта является объединение электромагнитной активации и окислительного обессеривания как обезвоженного, так и обводненного сырья с каткрекингом, гидрокрекингом активированного сырья с целью повышения глубины переработки нефтяных отходов до мирового уровня, получения дополнительного количества топливных фракций и снижения содержания серы в готовых продуктах.

4) Подтверждение соответствия полученных результатов требованиям к выполняемому проекту.

Полученные результаты соответствуют требованиям ТЗ проекта.

Предлагаемая технология переработки НШ позволит перерабатывать их с конверсией не менее 90% при выходе целевых продуктов не менее 50% от углеводородной части НШ и обеспечить оздоровление окружающей среды на НПЗ. Предлагаемая технология каталитической переработки нефтешламов и экспериментальные образцы катализаторов каткрекинга и гидрокрекинга позволит перерабатывать нефтешламы различного происхождения с конверсией не менее 90% при выходе целевых продуктов более 80% и обеспечить производство высококачественных топлив и продуктов нефтехимии, обеспечить экологически безопасное ведение технологического процесса с получением остатков переработки не более 10%.

5) Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень.

Предлагаемая интегрированная технология переработки нефтешламов позволяет получить не менее 20% доли дистиллятных продуктов по сравнению с известной технологией пиролиза, обеспечить общее снижение содержания серы в конечных продуктах - не менее чем в 3 раза..

По данной работе были опубликованы следующие Статьи:

1. Винокуров В.А., Крестовников М.П., Фролов В.И., Лесин С.В., Назаров А.В. «Влияние электромагнитного излучения на групповой и фракционный состав нефтей и нефтяных остатков», Химия и технология топлив и масел, 2015, №4, стр.3-6 (Influence of Electromagnetic Radiation on Group and Fractional Composition of Oils and Oil Residues // Chemistry and technology of fuels and oils Том: 51 Выпуск: 4 Стр.: 333-338 Опубликовано: SEP 2015).

2. Егазарьянц С.В., Винокуров В.А., Вутолкина А.В., Таланова М.Ю., Фролов В.И., Карahanov Э.А. «Технологические процессы переработки нефтяных шламов/ Химия и технология топлив и масел», 2015, №5, стр.50-56 (Oil Sludge Treatment Processes // Chemistry and technology of fuels and oils Том: 51 Выпуск: 5 Стр.: 506-515 Опубликовано: NOV 2015).

3. Колесников И.М. , Винокуров В.А., Фролов В.И., Борзаев Х.Х. «Математическое моделирование каталитического крекинга нефтешлама, подвергнутого электромагнитной активации», Химия и технология топлив и масел, 2015, №6, стр.16-20 (Mathematical Modeling of the Catalytic Cracking of Oil Sludge that has Been Subjected to Electromagnetic Activation // Chemistry and technology of fuels and oils Том: 51 Выпуск: 6 Стр.: 663-672 Опубликовано: JAN 2016).

4. Glotov, A. P.; Kardashev, S. V.; Egazar'yants, S. V.; и др. Catalytic Cracking of Petroleum Feedstock in the Presence of Additives Derived from Cross-Linked Mesoporous Oxides for Reduction of the Sulfur Content in Liquid Products // Chemistry and technology of fuels and oils Том: 52 Выпуск: 2 Стр.: 171-174 Опубликовано: MAY 2016.

5. Рахманов Э.В., Акопян А.В., Тараканова А.В., Лесин С.В., Винокуров В.А., Глотов А.П., Мовсесян А.К., Анисимов А.В. Двухстадийное окислительное обессеривание нефтешлам-содержащего сырья // Theoretical Foundations of Chemical Engineering (Химическая технология. – 2016, № 11, с. 503-508).

6. Любименко В.А., Фролов В.И., Колесников И.М., Иванов Е.В., Глотов А.П., Вутолкина А.В. Математическое моделирование и оптимизация процессов электромагнитной активации и каталитического крекинга активированного нефтешлама // Theoretical Foundations of Chemical Engineering (Химическая технология. – 2016, № 12, с. 560-568).

Конференции:

1. Фролов В.И. "Разработка технологии утилизации тяжелых нефтяных остатков путем электромагнитной обработки в сочетании с традиционными каталитическими методами для получения топливных продуктов", ВУЗПРОМЭКСПО-2015, Москва, 02.12-04.12.2015 г. а также ВУЗПРОМЭКСПО-2016.

2. Лесин С.В. Утилизация нефтяных остатков путем электромагнитной обработки в сочетании с каталитическими методами для получения топливных продуктов/Доклад на XXVIII симпозиуме «Современная химическая физика», Туапсе, 20.09-01.10.2015 г. Соавторы: Винокуров В.А., Лесин С.В., Фролов В.И., Иванов Е.В.

3. Vinokurov.V.A., LesinS.V., Frolov V.I., Ivanov E.V. "Disposal of oil residues dy electromagnetic treatment in combination with catalytic methods to produce fuel products" international conference "nanosystemsfor materials and catalisys" september 27-october 1 2015, Shepsi.

4. В рамках XXXIV Всероссийского симпозиума молодых ученых по химической кинетике: Домашкин Андрей Александрович «Двухстадийное окислительное обессеривание нефтешлам-содержащего сырья» и Лесин Сергей Викторович «Оптимизация процесса электромагнитной активации нефтешлама».

5. Nanoconfined reactions in clay nanotubes based on metal salt loading Vladimir Vinokurov, Anna Stavitskaya, Yuri Lvov. 5th World Congress on Materials Science & Engineering. June 13-15, 2016 Alicante, Spain.

Патенты:

1. Патент РФ на изобретение № 2592548 «Способ переработки тяжелого углеводородного сырья» (заключен Лицензионный договор о передаче прав на использование РИД);
2. Патент РФ на изобретение № 2608036 «Способ переработки серосодержащего нефтешлама» (заключен Лицензионный договор о передаче прав на использование РИД);
3. Заявка на изобретение № 2016127613 (ФИПС, входящий № 043271) «Способ переработки серосодержащего нефтешлама с высоким содержанием воды».

На основании результатов интеллектуальной деятельности, возможно создание ресурсоэффективных каталитических процессов переработки НШ, которые могут быть коммерциализованы силами Индустриального партнера.

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