NASER Technology

Программа предварительных научно-исследовательских работ по модификации тяжёлой нефти

Тема: «Экспериментальное подтверждение эффекта модификации тяжёлой нефти и её остатков под воздействием ионизирующего излучения NASER с длиной волны 0,46 нм»

1. **Научное обоснование гипотезы**

Физико-химические основы воздействия ионизирующего излучения

Ионизирующее излучение в рентгеновском диапазоне (λ = 0,46 нм, энергия кванта ~2,7 кэВ) способно вызывать:

- Фотоионизацию атомов углерода и серы в составе тяжёлых углеводородов (например, в асфальтеновых и смолистых веществах), что приводит к образованию свободных радикалов.
- Радиолиз межмолекулярных связей, особенно в высокомолекулярных фракциях (C_{20}+) за счёт передачи энергии жидкой среде с соответствующим уменьшением её вязкости.

Эти процессы потенциально приводят к селективному распаду тяжёлых фракций с образованием лёгких углеводородов (C_5–C_9), что согласуется с предварительными экспериментами (рост C_5–C_9 с 16% до 93%).

Ключевые научные вопросы

- Какова роль электромагнитного поля в разрыве C–C и C–S связей?
- Как влияет геометрия электродов и режим контура (открытый/закрытый) на эффективность ионизации?
- Существует ли пороговая мощность излучения для запуска цепных реакций?
- Каковы кинетические параметры процесса (время реакции, энергия активации)?

2. **Цель НИР:**

- Экспериментально подтвердить гипотезу о возможности изменения фракционного состава тяжёлой нефти и её искусственно утяжелённых остатков (увеличение доли C_5–C_9) под воздействием ионизирующего излучения с длиной волны 0,46 нм;

- Изучить физико-химические механизмы процесса и разработать научно обоснованные рекомендации для масштабируемой технологии;
- Оценить воспроизводимость эффекта на образцах нефти различного происхождения, исследовать влияние масштабирования (многоканальность) и динамики потока нефти.
- Собрать данные для оценки перспектив энергоэффективности технологии.

3. **Сроки выполнения:** 6 месяцев (26 недель) с момента заключения договора и получения финансирования и образцов нефти.
4. **Бюджет: 4 840 000 – 6 050 000 рублей** (с возможностью при необходимости более глубокого исследования настроек процесса модификации тяжёлой нефти в рамках верхнего лимита 6 050 000 рублей).
5. **Объекты исследования:**
    - **4–6 образцов нефти:**
        - **2–3 образца:** «Оригиналы» тяжёлой нефти с исходным содержанием фракций C_5-C_9 ~16% (или близким к указанному, или на усмотрение заказчика).
        - **2–3 образца:** «Остатки» тяжёлой нефти, искусственно утяжелённые сторонней лабораторией путём отгонки лёгких фракций до 80-90°C (ориентировочное содержание C_5-C_9 <5%).
    - **Требования к образцам:**
        - Каждый образец объёмом не менее 200–300 мл (для проведения минимум 3 экспериментов + анализ; оптимально получить по 2–3 л каждого образца для проведения 10–15 экспериментов с каждым).
        - Предоставление паспортов образцов с данными по плотности, вязкости, предварительным данным по групповому составу (если имеются).
6. **Этапы работ и сроки:**

Этап	Содержание работ	Срок (недели)
1. Подготови-тельный	• Заключение договора, получение финансирования и образцов нефти. • Разработка и согласование детальной методики проведения экспериментов (включая меры безопасности). • Приобретение расходных материалов. • Подготовка инфраструктуры.	2
2. Разработка и сборка испытательного стенда	• **Изготовление ряда генераторов ионизирующего излучения:** λ = 0,46 нм, мощность от 5 Вт (собственная разработка). • **Изготовление базовой установки:** Стеклянная, металлическая или фторопластовая ёмкость	6

Этап	Содержание работ	Срок (недели)
	(~200 мл), пара излучателей (оптимальный коррозионностойкий металл) с зазором 1–2 мм, медные кабели. • **Модернизация:** ○ **Многоканальный блок:** Разработка и изготовление блока с **30–50 параллельно установленными парами излучателей** в единой ёмкости большого объёма (1–2 л). ○ **Контур динамической обработки:** Сборка контура с химически стойким перистальтическим насосом для циркуляции нефти. ○ **Система отвода/анализа газов:** Установка конденсатора/холодильника и охлаждаемых ловушек для сбора и анализа лёгких фракций, перешедших в газовую фазу. ○ **Система контроля и измерения:** ▪ Точные весы (0,001 г). ▪ Мультиканальный регистратор температуры + термопары **(размещаются в объёме нефти)**. ▪ **Инфракрасные пирометры (2 шт.)** для **бесконтактного** контроля температуры на контактах разрыва. ▪ Цифровой ваттметр для измерения потребляемой мощности. ▪ Таймер/реле управления экспозицией. • Валидация работы стенда (базового и модернизированного).	
3. Проведение экспериментов	• Кондиционирование образцов, отбор проб для анализа перед обработкой. • **Базовые эксперименты (статика, V≈200 мл):** ○ Обработка каждого образца («оригиналы» и «остатки»). ○ Параметры: ~5 Вт, 5 мин. ○ Режим контура (закрытый/открытый — выбор по валидации). ○ Контроль температуры (объём, контакты — пирометрами).	12

Этап	Содержание работ	Срок (недели)
	○ Наблюдение за образцом 30–60 мин после отключения генератора (постэффект). ○ Отбор проб обработанной нефти и конденсата из ловушки (если есть). ○ **Количество повторений:** минимум 3 для каждого образца в выбранном режиме. • **Эксперименты с модернизированным стендом:** ○ **Статика (многоканальность, ~1–2 л):** Обработка выборки образцов. Варьирование времени экспозиции (поиск оптимума). Оценка масштабируемости. ○ **Динамика (циркуляция):** Обработка выборки образцов в движущемся потоке. • **Контроль:** для каждого образца выделение части, **не подвергающейся** облучению (контрольная группа).	
4. Аналитическое исследование	• **Заказ в аккредитованной лаборатории:** ○ **Количественное определение содержания фракций C_5-C_9 (ГЖХ):** для всех проб (до и после обработки, контрольная группа, конденсат). ○ **Определение группового химического состава (SARA):** Содержание насыщенных углеводородов, ароматических углеводородов, смол, асфальтенов (стандартная жидкостная хроматография) - для проб до и после обработки в рамках основных экспериментов (включая многоканальные и циркуляционные). ○ **ГХ-МС:** Выявление промежуточных продуктов реакции. ○ **ЭПР-спектроскопия:** Измерение концентрации свободных радикалов. ○ **Анализ состава конденсата** (при его наличии). • **Сопоставление и интерпретация полученных аналитических данных.**	4
5. Обработка данных, анализ	• **Анализ результатов:** ○ Воспроизводимость эффекта увеличения C5-C9 на разных типах образцов	2

Этап	Содержание работ	Срок (недели)
результатов и отчётность	(«оригиналы» и «остатки») и разных месторождениях. ○ Сравнение эффективности базовой установки, многоканального статического и циркуляционного режимов. ○ Анализ динамики температуры в объёме нефти и на контактах. ○ Оценка материального баланса (масса нефти до/после + масса конденсата). ○ Оценка изменений группового состава (SARA). ○ Сбор и анализ данных по потребляемой мощности и времени обработки для разных режимов. ○ **Качественная оценка энергоэффективности:** Констатация факта сбора данных. Указание на наблюдаемую в ходе НИР эффективность процесса и его нелинейность при масштабировании (многоканальность), создающую предпосылки для выгодных показателей при промышленном внедрении. • **Подготовка итогового отчёта:** Детальное описание методик, установки (со схемами/фото), представление всех исходных и обработанных данных (таблицы, графики), результатов анализов (C5-C9, SARA, конденсат), выводов, рекомендаций.	

7. Необходимое оборудование и материалы:

- **Изготовление генератора излучения:** компоненты и работы по созданию генераторов ионизирующего излучения с λ = 0,46 нм (2,7 кэВ), от 5 Вт.
- **Материалы для стенда:**
  - Медь (шины, кабели)
  - Коррозионностойкий металл (излучатели)
  - Стекло, фторопласт или коррозионностойкий металл (ёмкости: базовые 200 мл, увеличенные 1–2 л; трубки, фитинги)
  - Материалы для изготовления многоканального блока (30–50 пар излучателей, изоляторы)
  - Компоненты системы отвода газов (конденсатор/холодильник, стеклянные/пластиковые ловушки, соединительные элементы)

- Стандартные лабораторные расходники (посуда, пипетки и пр.)

- **Контрольно-измерительные приборы (КИП):**
  - Точные весы (0,001 г)
  - Мультиканальный регистратор температуры
  - Термопары (для объёма нефти)
  - Инфракрасные пирометры (2 шт.)
  - Цифровой ваттметр
  - Таймер/реле времени
- **Оборудование для динамики:** перистальтический насос (химически стойкий).
- **Аналитика:** услуги аккредитованной лаборатории по анализам (C5-C9, SARA).

8. **Требуемый персонал:**

- Руководитель проекта/ведущий научный сотрудник (1 чел.) – общее руководство, методика, анализ данных, отчёт.
- Администратор проекта (1 чел.) – осуществление закупок, обеспечение расходными материалами, проведение переговоров, ведение учёта и документации, прочие административные задачи.
- Инженер-электротехник (1 чел.) – разработка, сборка, настройка генератора и КИП, обеспечение работы стенда.
- Инженер-технолог (1 чел.) – подготовка образцов, проведение экспериментов, отбор проб, первичная обработка данных.
- Техник/лаборант (1 чел.) – помощь в проведении экспериментов, подготовка материалов, изготовление элементов стенда.
- *(При необходимости)* Привлечённый специалист по анализу данных.

9. **Бюджетная оценка (российские рубли):**

Статья расхода	Сумма (₽)	Комментарий
Изготовление генератора излучения	**400 000 – 600 000**	Компоненты, работы по разработке и сборке.
Оборудование КИП, материалы, изготовление стенда и системы отвода газов	**600 000 – 900 000**	Весы, пирометры, термометр, ваттметр, таймер, насос, ёмкости, трубки/фитинги, медь/излучатели, материалы для многоканального блока (30–50 пар излучателей), конденсатор/ловушки, лаб. расходники.
Аналитика (C_5-C_9 + SARA)	**1 400 000 – 1 800 000**	ГЖХ на C_5-C_9, ГХ-МС, ЭПР-спектроскопия и групповой состав (SARA) для ~35-45 проб (до/после/контроль/конденсат по плану экспериментов).

Статья расхода	Сумма (₽)	Комментарий
Трудозатраты (6 месяцев, команда 5 чел.)	**2 000 000 – 2 200 000**	Зарплаты + страховые взносы/налоги.
Накладные расходы (10%)	**440 000 – 550 000**	Амортизация, связь, ПО, канцелярия, транспорт (всего 10% от суммы пп.1-4).
ИТОГО:	**4 840 000 – 6 050 000**	**Плановый диапазон: 4 500 000 – 6 000 000 ₽.** *Приоритет на полноту аналитики.*

10. Меры безопасности:

- Защита от утечек нефти и газов: герметичные соединения, система аварийного сброса.
- Электробезопасность: корректная изоляция кабелей, заземление.
- Радиационная безопасность: экранирование генератора и излучателей.
- Противопожарные и экологические нормы: огнетушители, системы вентиляции.

11. Критические факторы успеха:

1. **Успешное изготовление генератора:** создание генератора излучения с требуемыми параметрами (λ = 0,46 нм, от 5 Вт) в срок и в рамках бюджета.
2. **Качество и соответствие образцов:** предоставление образцов, чётко соответствующих типам «оригиналы» и «остатки», с необходимой документацией.
3. **Эффективность многоканального блока:** успешная реализация и работа блока с 30–50 парами излучателей при управляемом росте общей потребляемой мощности.
4. **Работа системы отвода/анализа газов:** эффективный сбор конденсата для корректного учёта лёгких фракций и материального баланса.
5. **Скорость и качество аналитики:** своевременное выполнение анализов аккредитованной лабораторией в рамках бюджета и сроков.
6. **Воспроизводимость эффекта:** достижение статистически значимого увеличения содержания фракций C_5-C_9 (ориентир: приближение к уровню 70–90% на части образцов) для подтверждения основного эффекта.
7. **Соблюдение мер безопасности:** безаварийная работа с электрооборудованием, нефтепродуктами и ионизирующим излучением.

12. Ожидаемые результаты:

1. Подтверждённый эффект увеличения доли фракций C_5-C_9 под действием излучения 0,46 нм на 4–6 образцах нефти различного происхождения и типа («оригиналы», «остатки»).
2. Оценка степени воспроизводимости эффекта на разных видах нефти.
3. Экспериментальные данные об эффективности **масштабирования процесса** с использованием блока на 30–50 параллельных контактов.

4. Данные о влиянии **движения нефти (циркуляции)** на эффективность обработки.
5. Данные об изменениях **группового химического состава (SARA)** в результате облучения.
6. Экспериментальные данные по **потребляемой мощности**, **динамике температуры** (объём, контакты), **материальному балансу** (включая конденсат).
7. **Качественная оценка перспектив энергоэффективности** технологии, основанная на собранных данных и подтверждённой нелинейности масштабирования.
8. Комплексный **итоговый технический отчёт**, содержащий:
    - Детальное описание методик и установки.
    - Все исходные и обработанные экспериментальные данные.
    - Результаты химических анализов (C5-C9, SARA, конденсат).
    - Графики, таблицы, схемы, фотографии.
    - Анализ результатов, выводы.
    - Рекомендации по дальнейшим исследованиям (ОКР) и потенциальному внедрению.

Возможно обсуждение приоритетов, сроков, финансирования. По запросу может быть сформировано и предоставлено научное обоснование каждого значимого пункта НИР.