

# **Сведения о ходе выполнения проекта по Соглашению № 14.607.21.0034**

**от 05.06.2014**

**На этапе № 5**

Руководитель проекта, доктор биологических наук Синеокий С.П.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.607.21.0034 (уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI60714X0034) от 05.06.2014 Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 5 «Изготовление экспериментального образца» в период с 01.07.2016 по 31.12.2016:

## **1.Выполнены следующие работы:**

1.1. Создан экспериментальный образец биореактора для проведения реакции переэтерификации.

При проведении работ в рамках выполнения ПНИ был создан экспериментальный образец биореактора для проведения реакции переэтерификации. Были проведены тестовые и пуско-наладочные работы, показавшие работоспособность экспериментального образца биореактора, его соответствие требованиям технического задания, возможность проводить исследования согласно 14.607.21.0034 ПМ-2 Программа и методики, разработанной на 4 этапе ПНИ.

1.2 Проведены испытания экспериментального образца биореактора в соответствии с разработанной Программой и методикой испытаний экспериментального образца биореактора для проведения реакции переэтерификации.

В полном объеме проведены испытания экспериментального образца биореактора в соответствии с разработанной Программой и методиками испытаний экспериментального образца биореактора для проведения реакции переэтерификации. Полученные результаты показывают, что экспериментальный образец соответствует требованиям технического задания (п 4.1.3 и 4.1.5), а также требованиям к показателям Программы и методики испытаний. При всех рассмотренных вариантах спиртов и масел выход биодизельного топлива был равен или превысил 90%.

1.3 Выполнен анализ эффективности разработанного метода получения биодизельного топлива методом ферментного катализа и сравнение его с современными методами.

Был выполнен анализ эффективности разработанного метода получения биодизельного топлива методом ферментного катализа и сравнение его с современными методами. Показано, что разработанный метод обладает рядом преимуществ, таких как недорогой катализатор и простота его производства, компактность конструктивного исполнения, отсутствие дорогих реагентов при выходе биодизельного топлива, соответствующего самым современным техническим решениям и лабораторным разработкам. Проведена оценка себестоимости и показано, что она ожидается примерно на 10% меньшей в

сравнении с аналогичными технологиями, с помощью которых сейчас проводится производство биодизельного топлива.

1.4 Разработан Проект технического задания на проведение ОТР по созданию технологии получения биодизельного топлива посредством реакции переэтерификации.

В соответствии с требованиями Технического задания на 5 этапе выполнения проекта был разработан проект технического задания на выполнения ОТР по технологии получения биодизельного топлива посредством реакции переэтерификации. Проект ТЗ на ОТР основывается на результатах ПНИ и позволяет при его осуществлении вплотную подойти к коммерциализации технологии получения биодизельного топлива с помощью ферментного катализа.

1.5 Разработано Технико-экономическое обоснование получения биодизельного топлива.

В рамках выполнения работ на 5 этапе реализации проекта было разработано технико-экономического обоснования получения биодизельного топлива по разработанной технологии ферментативного катализа. Показано, что в настоящее время с использованием доступных в Российской Федерации источников сырья можно добиться сроков окупаемости в от 4 до 5 лет, в зависимости от производительности установок.

1.6 Разработаны Технические требования и предложения по производству биодизельного топлива по технологии ферментного катализа с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера.

С учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера были разработаны:

1) Технические требования с учетом всех технологических параметров и стадий процесса по производству биодизельного топлива по технологии ферментного катализа;

2) Предложения по осуществлению определенных стадий процесса по производству биодизельного топлива по технологии ферментного катализа.

Разработанные технические требования регламентируют основные контрольные операции во время работы, приведены требования к сырью и материалам, эксплуатации и удобству технического обслуживания, эксплуатационным режимам процесса, условия эксплуатации биореактора в аварийных ситуациях, требования по безопасности, к документации, по видам обеспечения.

В качестве предложений приведены: предложение по выращиванию рекомбинантного штамма дрожжей и Предложение по получению гранул загрузки (ферментного катализатора).

1.7 Принято участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов работы.

Участники проекта на 5 этапе выполнения проекта приняли участие в работе следующих мероприятий:

- конференции «Химические аспекты возобновляемой энергетики»;
- XIV Курчатовской Междисциплинарной Молодежной Научной Школы;

- заседаний Секции 3. Кристаллография в биологии и медицине «Наночастицы и пленки» Первого Российского Кристаллографического Конгресса.

1.8 Проведены маркетинговые исследования.

1.9 Разработаны рекомендации по выводу на рынок биодизельного топлива, полученного методом ферментного катализа.

## **2. Получены следующие результаты:**

В результате выполнения работ на 5 этапе были получены следующие научные и научно-технические результаты:

2.1 Заключительный отчет о ПНИ;

2.2 Экспериментальный образец биореактора для проведения реакции переэтерификации.

2.3 Акт и протоколы испытаний экспериментального образца биореактора для проведения реакции переэтерификации.

2.4 Проект технического задания на проведение ОТР по созданию технологии получения биодизельного топлива посредством реакции переэтерификации.

2.5 Технико-экономическое обоснование получения биодизельного топлива.

2.6 Технические требования и предложения по производству биодизельного топлива по технологии ферментного катализа с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера.

2.7 Материалы, подтверждающие участие в мероприятиях направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов работы.

2.8 Отчет о маркетинговых исследованиях.

2.9 Рекомендации по выводу на рынок биодизельного топлива, полученного методом ферментного катализа.

3 На этапе 5 была подана заявка на Программу для ЭВМ от 18.11.2016 № 2016000029 «Расчёт характеристик биодизельного топлива на основе жирнокислотного состава липидов» и 20 февраля 2017 г. получено свидетельство о государственной регистрации №2017612327.

В рамках выполнения ПНИ в 2016 г:

1) Поданы две заявки в ФИПС:

- на Программу для ЭВМ «Расчёт характеристик биодизельного топлива на основе состава жирных кислот». Заявка подготовлена и подана с использованием промежуточных результатов ПНИ, представленных в п.3.5 отчета о ПНИ за 3 этап и п. 4.2 отчета о ПНИ за 4 этап.

- на Изобретение «Способ получения гранулированного биокатализатора на основе иммобилизованных клеток дрожжей для проведения реакции переэтерификации». Заявка подготовлена и подана с использованием

промежуточных результатов ПНИ, представленных в п. 2.8 отчета о ПНИ за 2 этап, п. 3.6 отчета о ПНИ за 3 этап, п.4.2 отчета о ПНИ за 4 этап, п. 5.3, 5.6 отчета о ПНИ за 5 этап.

2) Опубликованы 2 статьи в ведущих научных журналах входящих в реферативные базы данных Scopus и Web of Science:

- Научная статья «Mathematical Modeling of Triglyceride Transesterification through Enzymatic Catalysis in a Continuous Flow Bioreactor» в журнале Indian Journal of Science and Technology.

- Научная статья «Изучение распределения клеток дрожжей по грануле Биокатализатора для проточного ферментера с использованием метода рентгеновской трехмерной томографии». Статья подготовлена с использованием промежуточных результатов ПНИ, представленных в п.5.2 и п.5.3 отчета о ПНИ за 5 этап.

3) Софинансирование ПНИ по соглашению №14.607.21.0034 Индустриальным партнером предоставлено в полном объеме.

4. На этапе № 5 роль индустриального партнёра заключалась в софинансировании проекта в необходимом объёме для выполнения работ собственными силами по плану-графику исполнения обязательств по проекту №14.607.21.0034:

4.1 Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов работы. Результаты ПНИ были представлены на конференции «Химические аспекты возобновляемой энергетики», на XIV Курчатовской Междисциплинарной Молодежной Научной Школе, на третьем заседании Секции 3. Кристаллография в биологии и медицине «Наночастицы и пленки» Первого Российского Кристаллографического Конгресса.

На конференции «Химические аспекты возобновляемой энергетики», состоявшейся 21 сентября 2016 г. в рамках Деловой программы Международной выставки химической промышленности и науки «Химия 2016» в ЦВК «Экспоцентр» выступил Борголов А.В. с докладом по теме «Исследование процесса получения биодизельного топлива в проточном биореакторе методом ферментативного катализа с использованием иммобилизованных на носителе дрожжевых клеток». В рамках данного выступления были освещены результаты работ по получению биодизельного топлива методом ферментного катализа в проточном биореакторе с плотноупакованным слоем загрузки, а так же по разработке гранул с иммобилизованными клетками дрожжей. Все представленные результаты были получены при выполнении соглашения № 14.607.21.0034.

На XIV Курчатовской Междисциплинарной Молодежной Научной Школе, которая проходила в Москве с 8-го по 11-ое ноября 2016 г. Борголов А.В. представил доклад на тему «Исследование равномерности распределения

клеток в грануле биокатализатора с использованием метода 3D-рентгеновской томографии». Данный доклад отражает результаты по исследованию распределение клеток дрожжей по поверхности гранул из полиакриламида, полученные на четвертом этапе ПНИ.

В рамках Первого Российского Кристаллографического Конгресса, которой проходил в Москве на ВДНХ с 21-го по 26-ое ноября 2016 г. был представлен доклад «Изучение распределения клеток дрожжей по грануле для проточного ферментера с использованием метода рентгеновской томографии». В данной работе представлены результаты по использованию рентгеновской микротомографии на станции РТ-МТ Курчатовского Источника Синхротронного Излучения для изучения распределения биомассы дрожжей по грануле носителю. Эти результаты были получены при выполнении четвертого этапа данной ПНИ.

Исследователи проекта приняли участие в работе Секции 3. Кристаллография в биологии и медицине на третьем заседании «Наночастицы и пленки». С докладом «Получение и характеристизация биогенных наночастиц селена» выступила Комова А.В.

#### 4.2 Проведение маркетинговых исследований.

В рамках маркетинговых исследований был разработан отчет, содержащий SWOT-анализ показывающий, что разработанная технология получения биодизельного топлива имеет значительный рыночный потенциал. Также была выбрана маркетинговая стратегия продвижения технологии на рынок, основанная на максимальной концентрации усилий на усовершенствовании данной технологий и показаны возможные варианты действий на рынке для индустриального партнера.

#### 4.3 Разработка рекомендаций по выводу на рынок биодизельного топлива, полученного методом ферментного катализа

Следует отметить следующие базовые рекомендации по выводу на рынок биодизельного топлива, полученного методом ферментного катализа разработанные на 5 этапе выполнения проекта:

- разработать промышленную технологию иммобилизации клеток дрожжей с клеточно-связанными ферментами в полимерных носителях для создания биокатализаторов на их основе;
- оценить удельную стоимость производства биокатализатора на основе иммобилизованных клеток дрожжей, включая стадию выращивания на питательных средах;
- разработать экономическое обоснование создания пилотного образца проточного биореактора на основании подобранных оптимальных технологических параметров процесса;

- разработать бизнес-план создания завода ориентированной производительностью 1000 л/сут. по производству биодизеля с использованием ферментативного катализа;

- запустить стадию пилотных испытаний на жирсодержащих отходах для оценки эффективности технологии на основе ферментативного катализа при использовании сложносоставных субстратов;

- измерить удельную концентрацию липазы, закрепленной на клеточной стенке с целью повышения активности отдельной клетки микроорганизма;

- решить многофакторную задачу оптимизации технологического процесса получения биодизельного топлива методом математического моделирования с целью подбора оптимальных параметров процесса;

- разработать национальные стандарты биотоплива (биодизеля в том числе)

- разработать эффективную систему переработки жирсодержащих отходов и создать инфраструктуру для массового культивирования микроводорослей с соответствующими программами государственной поддержки.

Все задачи этапа №5 и проекта в целом выполнены в полном объеме и в соответствии с Планом-графиком исполнения обязательств и Техническим заданием Соглашения №14.607.21.0034 о представлении субсидий от 05.06.2014.

---