

**Резюме проекта (ПНИР), выполняемого/выполненного в рамках ФЦП  
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»**

<по этапу № 2>

Номер соглашения о предоставлении субсидии/ государственного контракта: **14.607.21.0031**

Тема: «Создание основ технологии комплексной переработки биомассы березы с получением биотоплив, биологически активных веществ и функциональных материалов»

Приоритетное направление: Энергоэффективность и энергосбережение

Критическая технология: Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику

Период выполнения: 05 июня 2014 – 31.12. 2016

Плановое финансирование проекта: 100 200 000 руб.

Бюджетные средства 43,5 млн. руб.

Внебюджетные средства 55,2 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук

Индустриальный партнер: Государственное предприятие Красноярского края «Красноярское управление лесами»

Ключевые слова: биомасса березы, древесина, кора, комплексная переработка, биотоплива, биологически активные вещества, функциональные материалы, технологические принципы, математическая оптимизация процессов, техническая документация, программы и методики испытаний продуктов.

### **1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

Проект направлен на решение актуальной проблемы – создание принципиально новых технологий получения из возобновляемого непищевого растительного сырья – биомассы березы востребованных биотоплив, химических веществ и функциональных материалов, ориентированных на экологически безопасную и энергоэффективную переработку основных компонентов биомассы с использованием эффективных катализаторов и зеленых реагентов.

Целью реализуемого проекта является создание научно-технического задела для разработки не имеющей аналогов комплексной технологии переработки биомассы березы (древесина, кора) в биоэтанол и твердое биотопливо, биологически активные вещества и материалы функционального назначения.

### **2. Основные результаты проекта**

Проведенный на первом этапе работ по проекту анализ научно-технической литературы и патентов за период 2009–2014 гг. позволил сделать обоснованный выбор направлений прикладных научных исследований, ориентированных на создание основ технологии комплексной переработки биомассы березы (древесины и коры) в ассортимент востребованных рынком биотоплив.

Предлагаемая к разработке интегрированная технология включает стадии предварительного механического разделения биомассы березы на древесину и кору; каталитического фракционирования древесины на микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ) и растворимый лигнин; механического разделения коры березы на бересту и луб; каталитической переработки МКЦ в глюкозные гидролизаты для синтеза биоэтанола и биологически активные сульфаты МКЦ; переработки бересты с получением биологически активных соединений: бетулина, ацетата и пропионата бетулина, а также суберинового связующего для получения твердого биотоплива; синтеза органических и углеродных аэрогелей из растворимого лигнина и полифенолов луба коры; получения энтеросорбентов и нанопористых углеродных материалов из луба коры.

При осуществлении химических стадий интегрированного процесса предлагается использовать экологически безопасные реагенты и технологичные твердые катализаторы.

Разработаны лабораторные методики для производства лабораторных партий продукции из древесины и коры березы

В рамках второго этапа проекта разработаны технологические принципы комплексной переработки биомассы березы, основанные на интеграции в едином технологическом цикле процессов получения из древесины и коры березы биотоплив и продуктов с высокой добавленной стоимостью: биологически активных и других востребованных химических веществ, новых функциональных материалов, а также на использовании «зеленых» реагентов и эффективных катализаторов.

Интеграция предлагаемых исполнителями проекта методов переработки биомассы березы в едином технологическом цикле позволяет снизить затраты на производство из древесных отходов энергоносителей (биоэтанол и твердое биотопливо) за счет дополнительного получения ассортимента востребованных рынком продуктов с высокой добавленной стоимостью (биологически активные бетулин и его производные, сульфаты микрокристаллической целлюлозы, органические и углеродные аэрогели, сорбенты).

Проведена оптимизация процессов переработки древесины и коры березы в качественные глюкозные гидролизаты для ферментативного синтеза биоэтанола, микрокристаллическую целлюлозу, биологически активные сульфаты микрокристаллической целлюлозы, бетулин, ацетаты и пропионаты бетулина, органические и углеродные аэрогели, энтеросорбенты, нанопористые углеродные сорбенты, сбериновые связующие для получения твердого биотоплива с улучшенными характеристиками. Разработана техническая документация для модернизации опытной установки по комплексной переработке древесины и коры березы, включающая общую технологическую схему и блок-схему установки, перечень стандартных готовых узлов и технических решение по их использованию.

Разработаны Программы и Методики исследовательских испытаний экспериментальных партий всего ассортимента востребованных продуктов, получаемых из древесины и коры березы по разрабатываемой технологии.

За счет средств внебюджетных источников проведена закупка (аренда) лабораторного, технологического и контрольно-измерительного оборудования, реактивов, посуды, расходных материалов.

Для популяризации результатов, полученных при выполнении 1 этапа проекта, были сделаны устные доклады на 6-ом Международном симпозиуме по углероду в катализе, проходившем с 22 по 25 июня 2014 г. в г. Трондхейм, Норвегия, на 8-ой Международной конференции по механохимии и механическому плавлению, проходившей с 22 по 26 июня 2014 г. в г. Краков, Польша, на 6-ом Международном конгрессе «Цветные металлы и минералы», проходившем в г. Красноярске с 15 по 18 сентября 2014 г., на II Российском конгрессе по катализу (РОСКАТАЛИЗ), проходившем в г. Самара 2-5 октября 2014, на международной конференции SAMURE-9, которая состоялась 7–10 декабря 2014 г. в г. Лион, Франция. Издана монография «Получение целлюлозы каталитической делигнификацией древесины пероксидом водорода». Красноярск: Сиб. федерал. ун-т. 2014. 146 с. Опубликованы статьи в журнале Доклады Академии Наук, 2014, т. 459, № 2 и в журнале «Химия природных соединений», 2014, № 6. Защищены 2 кандидатские диссертации по тематике проекта.

При выполнении 2 этапа проекта сделан устный доклад на 3-ем Международном симпозиуме по зеленой химии, проходившем с 3 по 7 мая 2015 г. в г. Ла-Рошель (Франция) и пленарный доклад на 5-ой Международной научно-технической конференции «Альтернативные источники сырья и топлива», проходившей с 26 по 28 мая 2015 г. в г. Минск (Беларусь). Заявлены и приняты устные доклады на 12-ый Европейский конгресс по катализу, который состоится 1-4 сентября 2015 г. в г. Казань, и на 3-ю Международную конференцию «Катализ для возобновляемых ресурсов: топливо, энергия, химические продукты», которая состоится 6–11 сентября 2015 г. в г. Катания (Италия). Опубликованы статьи в журнале “Wood Science and Technology”, 2015 (DOI 10.1007/500226-015-0723-y), журнале Кинетика и катализ, 2015, т. 56, № 4 и в Журнале прикладной химии, 2015, т. 88, вып. 3, с. 12-128. Отправлены 2 заявки на патенты.

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

Заявка на изобретение № 2014144020 от 30.10.2014 «Способ получения производных 3-ацетата-28-сульфата бетулина», РФ. Заявка на изобретение № 2014144249 от 31.10. 2014 «Способ сульфатирования 3-ацетата бетулина», РФ. Заявка на изобретение № 215115985 от 27.04.2015 «Способ получения целлюлозы», РФ. Заявка на изобретение № 2015115864 от 27.04.2015 «Способ получения дипропионата бетулина», РФ.

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

Производимые из биомассы березы энергоносителя (биоэтанол, твердое биотопливо) и химические продукты с высокой добавленной стоимостью (бетулин и его производные, микрокристаллическая целлюлоза и ее сульфаты, аэрогели, сорбенты) востребованы в энергетике, химической промышленности, медицине и ветеринарии, охране окружающей среды.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

Расширение сырьевой базы для производства биотоплив за счет использования древесных отходов. Улучшение экологической обстановки в результате снижения техногенной нагрузки на окружающую среду. Более полное и комплексное использование древесного сырья. Улучшение качества жизни и здоровья населения.

По сравнению с известными методами получения биотоплив достигается: повышение эффективности использования основных компонентов биомассы на 30 %; снижение материалоемкости производства до 2-х раз; снижение на 20–30 % затрат на производство биотоплив; снижение на 20 % количества образующихся отходов; повышение на 50 % механической прочности и на 30 % влагостойкости твердого топлива.

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

Коммерциализация проектом не предусмотрена.

### **7. Наличие соисполнителей**

Для выполнения работ по проекту соисполнители не привлекались.