

## Этап 5 (заключительный)

### **Основные результаты**

На данном этапе уточнены режимы приготовления концентратов МУНТ/ПЭ и МУНТ/СВМПЭ по результатам испытаний экспериментальных образцов ПНКМ.

В итоге разработаны лабораторные регламенты на получение из биоэтанола экспериментальных образцов следующих продуктов: биоэтилена, ПЭ и СВМПЭ, МУНТ, концентратов МУНТ/ПЭ и МУНТ/СВМПЭ, электроизолирующего ПНКМ на основе концентрата МУНТ/ПЭ, высокостойкого ПНКМ на основе концентрата МУНТ/СВМПЭ, в т. ч.:

- лабораторный технологический регламент на получение из биоэтанола экспериментальных образцов биоэтилена (№ 165, дата утв. 15.12.2016);
- лабораторный технологический регламент на получение из биоэтилена экспериментальных образцов полиэтилена и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (№ 164, дата утв. 15.12.2016);
- лабораторный технологический регламент на получение из биоэтилена экспериментальных образцов многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) (№ 166, дата утв. 15.12.2016);
- лабораторный технологический регламент на получение экспериментальных образцов концентратов на основе полиэтилена и сверхвысокомолекулярного полиэтилена и многослойных углеродных нанотрубок (№ 167, дата утв. 15.12.2016);
- лабораторный технологический регламент на получение экспериментальных образцов электроизолирующего полимер-наноуглеродного композиционного материала (ПНКМ) на основе концентрата МУНТ/ПЭ (№ 168, дата утв. 15.12.2016);
- лабораторный технологический регламент на получение экспериментальных образцов высокостойких полимер-наноуглеродных композиционных материалов (ПНКМ) на основе концентрата МУНТ/СВМПЭ (№ 169, дата утв. 15.12.2016).

Проведена оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем. Показано, что полученные результаты соответствуют либо превышают научно-технический уровень аналогов полимерных композитов фирм зарубежных стран, а также аналогов по производству биоэтилена из биоэтанола.

Проведена оценка полноты решения задачи и достижения поставленных целей ПНИ. Все цели, предусмотренные ТЗ на выполнение ПНИЭР, достигнуты, а результаты соответствуют запланированным качественным и количественным показателям. Выполнены также все требования по достижению значений показателей результативности предоставления субсидии (индикаторы и показатели).

Разработан проект технического задания на проведение ОТР по теме: «Разработка технологии производства функциональных полимер-наноуглеродных композиционных материалов из биоспиртов».

*За счет внебюджетных средств:* проведена закупка сырья, материалов и оплата энергоресурсов для обеспечения работ по отработке технологических стадий; составлено технико-экономическое обоснование разработки продукции, разработаны технические требования и предложения по выпуску высокопрочных ПНКМ с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера - организации реального сектора экономики.

### *Новизна результатов*

Впервые с применением методов математического моделирования найдены оптимальные условия технологических режимов получения биоэтилена, а на его основе – углеродных нанотрубок; режимы разработаны, спрогнозированы и подтверждены результатами работы на экспериментальных стендах ЛСБЭ и ЛСМУНТ.

Впервые получены и испытаны не уступающие импортным аналогам экспериментальные образцы электроизолирующих ПНКМ для кабелей среднего напряжения, имеющие повышенную стойкость к электрохимическому старению.

Впервые получены и испытаны экспериментальные образцы высокостойких ПНКМ для различных применений, в частности, образцы, обладающие высокой стойкостью к ультрафиолетовому излучению, имеющие высокие антистатические свойства, обеспечивающие радиопоглощающие свойства при минимальном уровне потерь, высокие антиударные и демпфирующие характеристики.

Полученные результаты по проекту полностью соответствуют требованиям технического задания по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.607.21.0046.

Полученные результаты находятся на уровне лучших мировых работ аналогичного направления.

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

1. Изобретение; патент № 2577273 от 10.03.2016 «Способ получения аэрогелей на основе многослойных углеродных нанотрубок», РФ.

2. Изобретение; заявка № 2015137675 от 03.09.2015 «Способ получения композитов на основе полиолефинов и углеродных нанотрубок», РФ.

3. Изобретение; заявка № 2015137678 от 03.09.2015 «Катализатор процесса дегидратации этанола в этилен, способ его приготовления и способ получения этилена», РФ.

4. Изобретение; заявка № 2016149044 от 14.12.2016 «Катализатор, способ его приготовления и способ получения полимерных композиционных материалов», РФ.

5. Изобретение; заявка № 2016149049 от 14.12.2016 «Способ получения этилена из этанола и реактор для его осуществления», РФ.

### **Ожидаемый эффект от внедрения результатов проекта**

Внедрение результатов проекта обеспечит создание основ технологии производства отечественных ПНКМ, использование которых позволит:

- создать новое поколение полимерных композитов на основе технологий глубокой переработки биоэтанола;
- обеспечить технологическую независимость РФ от импорта полимерных композитов;
- расширить сырьевую базу отечественной нефтехимической промышленности, снизить потребление невозобновляемого сырья и уменьшить загрязнение окружающей среды.

Высокие эксплуатационные свойства новых материалов позволят добиться снижения материало- и энергоемкости производства, а за счет этого - уменьшения отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду и повышения качества жизни.

### **Возможные формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

В настоящее время в РФ полимер-наноуглеродные композиты не производятся. Возможны следующие формы коммерциализации результатов ПНИ – выпуск композитных материалов вначале в виде опытно – промышленных партий, затем по мере освоения рынка – организация их промышленного производства.

В результате выполнения ПНИ по настоящему проекту разработаны 2 вида функциональных полимер-наноуглеродных композиционных материалов. Перспективный прогноз объема общего производства продукции по проекту с 2020 г. составляет примерно 1500 т/год на сумму 220-260 млн. руб./год (в ценах 2014 г.), в том числе, по

рынку ПНКМ для кабельной промышленности - 150-170 млн. руб., по рынку высокопрочных ПНКМ - 70-90 млн. руб.

Соисполнители работ по проекту:

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХХТ СО РАН), 2014-2016 гг.;
- Открытое акционерное общество "Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности" (ОАО «ВНИИКП»), 2014-2016 гг.;
- Общество с ограниченной ответственностью "ПИРИТ" (ООО «ПИРИТ»), 2014-2015 гг.;
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА), 2016 г.

Руководитель работ по проекту, главный научный сотрудник ИК СО РАН, д.х.н.

В.А. Захаров