

# **Резюме проекта, выполняемого**

**в рамках ФЦП**

**«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»**

**по этапу № 4**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.583.21.0004

Тема: «Разработка эффективной технологии снижения содержания оксидов серы и азота, а также ртути, в дымовых газах тепловых электростанций угольной генерации»

Приоритетное направление: Рациональное природопользование (РП)

Критическая технология: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

Период выполнения: 16.07.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 88.00 млн. руб.

Бюджетные средства 43.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 45.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева"

Иностранный партнер: Шаньдунский научно-технический университет (Китай)

Ключевые слова: Дымовые газы, тепловые электростанции, сжигание угля, оксиды азота, оксиды серы, ртуть, очистка газов, катализ

## **1. Цель проекта**

*Задача, на решение которой направлен реализуемый проект:*

Повышение роли угля в топливно-энергетическом балансе Российской Федерации посредством обеспечения приемлемого уровня экологичности тепловых электростанций угольной генерации за счет снижения содержания вредных веществ (оксидов серы и азота, а также ртути) в их дымовых выбросах.

*Цели реализуемого проекта:*

- Разработать комплексную технологию эффективной очистки дымовых газов тепло- и электростанций, работающих на угольном топливе, от оксидов серы и азота, а также от ртути.
- Разработать и испытать в полупромышленных условиях элементы пилотной установки, обеспечивающей эффективное снижение содержания ртути и оксидов серы и азота в газовых выбросах тепловых электростанций, работающих на угольном топливе.

## **2. Основные результаты проекта**

*1) Основные характеристики полученных результатов (в целом и/или отдельных элементов), созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции.*

Проведены дополнительные патентные исследования по ГОСТ 15.011-96. Разработаны программа и методика проведения лабораторных экспериментов по снижению содержания оксидов серы и азота, а также ртути в дымовых газах. Выполнено исследование процессов очистки газовых выбросов от SOx и NOx на экспериментальных стендах. Проведено исследование влияния скорости движения газов, состава катализатора на эффективность процесса очистки. Разработаны технические требования для создания пилотной установки по очистке дымовых газов электростанций угольной генерации от оксидов серы и азота. Проведены экспериментальные исследования влияния выбранных образцов СПА на горение и на процессы перехода серы из горючего вещества топлива в газообразную (дым) или конденсированную (зола, шлак) фазы. Разработан технологический регламент подготовки суспензионного топлива. Определены оптимальные условия протекания процесса каталитической очистки дымовых газов, а также оптимальный состав катализаторов, а именно: а) для процесса DeNOx - температура реакции 300-350°C, соотношение NH<sub>3</sub>/NO =1, скорость газовых потоков 5000-15000 ч<sup>-1</sup>. Результаты

экспериментов показали, что наиболее эффективны в процессе СКВ оксидов азота аммиаком блочные катализаторы: Fe-Cr-Zn, прокаленный при 700°C, и этот же катализатор, модифицированный медью - Cu/Fe-Cr-Zn, прокаленный после модификации при 500°C. При объемной скорости 5000 ч<sup>-1</sup> все катализаторы на 100% очищают газовые выбросы от NOx; б) для процесса DeSOx - температура реакции 600°C, соотношение 25% CO + 75% H<sub>2</sub>, скорость газовых потоков 1000-1500 ч<sup>-1</sup>. Результаты экспериментов позволили установить, что так же, как и в процессе СКВ оксидов азота, в процессе DeSOx наиболее эффективны блочные катализаторы: Fe-Cr-Zn, прокаленный при 700°C, и этот же катализатор, модифицированный медью - Cu/Fe-Cr-Zn, прокаленный после модификации при 500°C. Эффективность очистки возрастает при снижении скорости газового потока и достигает 83% при скоростях 1000-1500 ч<sup>-1</sup>. Разработаны технические требования для создания пилотной установки по очистке дымовых газов электростанций угольной генерации, предусматривающей очистку дымовых газов каталитическим способом, применение мокрого абсорбционного способа улавливания, а также введение серопоглощающих агентов в зону горения топлива. Экспериментально установлено, что метод ввода СПА в топочное пространство котла в составе ВУТ является предпочтительным, так как позволяет более равномерно распределить сравнительно небольшое количество агента в большом объеме зоны горения топлива и тем самым обеспечить максимальную степень его использования. Исследованиями также установлено, что применение технологии вихревого сжигания ВУТ еще более усиливает эффект максимально возможного равномерного распределения СПА в зоне горения, а это, в свою очередь, повышает эффективность его применения.

В отчетный период Шаньдунским научно-техническим университетом (КНР) осуществлено создание пилотной установки, обеспечивающей эффективное снижение содержания ртути и оксидов серы и азота в дымовых газах тепловых электростанций угольной генерации.

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

Используемые методы приготовления носителей и собственно катализаторов отличаются применением новой технологии формирования и принципиально новым высокоэффективным составом носителей и катализаторов. Получены новые экспериментальные данные по эффективности очистки газовых выбросов от оксидов серы и азота, а также от ртути при различных объемных скоростях газа для модельных реакций восстановления NOx аммиаком и SOx синтез-газом.

### 3) Подтверждение соответствия полученных результатов требованиям к выполняемому проекту.

Полученные количественные значения степени удаления оксидов серы и азота из дымовых газов при использовании выбранных катализаторов находятся в пределах, установленных в Техническом задании проекта.

### 4) Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень.

Решения, полученные на данном этапе выполнения работы, соответствуют мировым тенденциям в области удаления оксидов азота и серы, а также ртути из дымовых газов, направленным на решение проблем экологии.

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

1. Полезная модель, заявка № 2016113097 от 05.04.2016, «Вибромельница», РФ.

2. Полезная модель, заявка № 2016114029 от 11.04.2016, «Котел для сжигания забалластированных высокосернистых угольных топлив», РФ.

## 4. Назначение и область применения результатов проекта

### 1) Описание областей применения полученных результатов (области науки и техники; отрасли промышленности и социальной сферы, в которых могут использоваться или уже используются полученные результаты или созданная на их основе инновационная продукция):

Потенциальными потребителями ожидаемых результатов работ по проекту может являться практически каждая из тепловых и электростанций Российской Федерации, использующих в качестве энергетического сырья уголь.

### 2) Описание практического внедрения полученных результатов или перспектив их использования:

Результаты работы в первоочередном порядке могут быть внедрены на нескольких ТЭЦ и ГРЭС Кемеровской области – региона, энергогенерирующие производства которого работают на угле, нанося своими загрязненными выбросами значительный урон чистоте окружающей среды.

### 3) Оценка или прогноз влияния полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений

Следует ожидать, что планируемые к получению результаты в своем развитии и последующем внедрении в производство окажут определенное влияние на изменение структуры топливно-энергетического баланса России – в части способствования возрастанию в нем доли угольного топлива, объясняемого обеспечением снижения загрязненности дымовых газов при сжигании угля.

Планируемые результаты окажут положительное влияние на развитие работ в рамках сотрудничества России и КНР в данной области науки, техники и производства, т.к. оба этих государства испытывают схожие проблемы, связанные с экологическими последствиями использования угля в энергетике.

## 5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Ожидается значительное снижение техногенной нагрузки на окружающую среду. Так, предлагаемая комплексная технология очистки дымовых газов при угольной генерации тепло- и электроэнергии обеспечит суммарное удаление SOx, NOx, а также

ртути на 70-90 %.

## 6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

### 1) Существующие или возможные формы коммерциализации полученных результатов.

Формы коммерциализации результатов проекта на данном этапе работ не рассматривались.

### 2) Описание видов новой и усовершенствованной продукции (услуги), которые могут быть созданы или уже созданы на основе полученных результатов

Результатом выполнения работ по проекту явится комплексная технология эффективной очистки дымовых газов тепло- и электростанций, работающих на угольном топливе, от оксидов серы и азота, а также от ртути. Ожидается, что разрабатываемая технология будет иметь высокий уровень коммерческой перспективности, как на внутреннем, так и на внешнем рынках технологий по обеспечению экологической безопасности в сфере энергетики.

## 7. Наличие соисполнителей

Соисполнители работ по проекту:

1. Институт углехимии и химического материаловедения Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского Отделения РАН. Привлекался к работам по проекту в 2014, 2015 и 2016 гг.

2. Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского Отделения РАН.

Привлекался к работам по проекту в 2014, 2015 и 2016 гг.

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева"

И.о. ректора, проректор по научной работе и стратегическому развитию

(должность)



Тайлаков О.В.

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)



Тайлаков О.В.

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)