

### **Государственный контракт от 15 июня.2009 года № 02.740.11.0147**

на выполнение в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2011 годы научно-исследовательских работ по лоту 13 «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области создания мембран и каталитических систем, шифр «2009-1.1-213-030, по теме: «**Разработка научных основ приготовления самоорганизующихся наноструктурированных каталитических систем для обезвреживания парниковых и озоноразрушающих веществ**» (шифр заявки «2009-1.1-213-030-005»).

**Срок выполнения государственного контракта:** 2009-2011 гг.

**Статус государственного контракта** (на дату публикации информации): завершен.

**Цель работы (НИР).** На сегодняшний день выбросы побочных продуктов химической промышленности, сжигание ископаемого топлива, широкомасштабное использование удобрений, животноводство и сведение лесов приводят к постоянному увеличению концентрации «парниковых газов», таких как метан, хлорсодержащие углеводороды,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  в атмосфере. Используемые технологии переработки метана и хлорсодержащих углеводородов основаны на их окислении с выделением  $\text{CO}_2$ , что не решает задачу снижения выбросов парниковых газов. В России характерной особенностью  $\text{N}_2\text{O}$ -содержащих выбросов является низкая концентрация закиси азота, большие объемные скорости и наличие примесей кислорода, воды и монооксида азота, которые оказывают влияние на стабильность известных каталитических систем. Поэтому необходимо создать каталитические системы, обладающие высокой активностью в утилизации парниковых газов и повышенной стабильностью в реальных условиях эксплуатации.

Целью проекта являлось создание научно-технического задела для разработки наноструктурированных каталитических систем для утилизации парниковых газов и веществ, разрушающих озоновый слой Земли. В рамках проекта планировалось создать и испытать катализаторы на основе силикатных материалов с регулярной пористой структурой с регулируемой концентрацией активных центров для разложения закиси азота и катализаторов на основе массивных металлических систем и их сплавов с другими элементами для переработки метансодержащих газовых смесей и разложения хлорсодержащих углеводородов.

**Основные научные результаты НИР.** Разработаны методы приготовления катализаторов на основе массивных никелевых систем для переработки метан- и хлорсодержащих газов. Катализаторы обеспечивают переработку сырья при  $550-700^\circ\text{C}$  с получением углеродных нановолокон (УНВ), выход которых составляет от 50 до 300 г/ $\text{г}_{\text{Ni}}$ . Установлено, что разложение метана приводит к образованию хорошо структурированных углеродных волокон, тогда как в случае разложения хлоруглеводородов происходит формирование дефектного, плохо упорядоченного углеродного материала перистой морфологии с высокой удельной поверхностью (до 400  $\text{m}^2/\text{г}$ ). Процессы на основе разработанных катализаторов можно рассматривать в качестве альтернативы существующим технологиям утилизации метаносодержащих и хлоруглеводородных газов, основанным на методах окисления и гидродеchlorирования. Создан научно-технический задел для разработки технологии приготовления железо-цеолитного катализатора утилизации закиси азота. Разработанный катализатор при контакте с реакционной смесью, содержащей ингибиторы процесса разложения молекулярный кислород и воду, при малых временах контакта (до 0.1 сек) и температуре  $500-600^\circ\text{C}$  удаляет из реакционной смеси выше 98-99% закиси азота. Катализатор также показал высокую эффективность в реакции селективного восстановления  $\text{NO}_x$  аммиаком. Способ приготовления катализатора отличается простотой, технологичностью, отсутствием сточных вод и эффективностью введения железа в состав а-центров, позволяя

получать материал с концентрацией активных центров до 100-130 мкмоль на грамм катализатора. По эффективности утилизации закиси азота в выбросах производства азотной кислоты разработанный катализатор не уступает лучшему из известных в литературе катализаторов - катализатору фирмы Udhe.

Методы приготовления разработанных каталитических систем, предназначенных для переработки парниковых газов и озонопасных соединений, являются принципиально новыми, что подтверждается рядом публикаций и патентов.

*Получены охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД) – «изобретение»:*

- Патент 2431525 РФ, МПК 51 В 01 J 23/755, А 62 D 3/00. Катализатор, способ его приготовления и способ разложения хлорсодержащих углеводородов. / Мишаков И.В., Бауман Ю.И., Стрельцов И.А., Ведягин А.А., Буянов Р.А. – № 2010117542/04, заявлено 30.04.2010, опубл. 20.10.2010, Бюл. № 29. – 9 с.
- Патент 2456234 РФ, МПК 51 С 01 В 31/02, D 01 F 9/127. Способ получения углеродных нановолокон. / Стрельцов И.А., Бауман Ю.И., Мишаков И.В., Ведягин А.А., Буянов Р.А. – № 2010132314/05, заявлено 02.08.2010, опубл. 20.07.2012, Бюл. № 20. – 6 с.
- Патент 2477177 РФ, МПК В01J29/46, В01J29/88, В01J37/04, В01J23/745, В01J27/185, В01D53/86. Катализатор, способ его приготовления и процесс обезвреживания газовых выбросов, содержащих закись азота./ Пирютко Л.В., Харитонов А.С., Чернявский В.С., Староконь Е.В., Парфенов А.Н., Панов Г.И., Носков А.С. – № 2011125203/04, заявлено 17.06.2011; опубл. 10.03.2013, Бюл. № 7.

*По результатам работы:*

- опубликовано 12 статей в высокорейтинговых изданиях в период выполнения контракта (в том числе: 6 статей в профильных высокорейтинговых зарубежных изданиях, 6 статей в профильных высокорейтинговых российских изданиях), в которые вошли результаты работы 23 исследователей из числа исполнителей НИР.
- сделано 14 докладов на конференциях, школах, симпозиумах и т.п.: в том числе 10 докладов на всероссийских конференциях и 4 доклада на международных конференциях и семинарах.

*Внедрение результатов работы в образовательный процесс:*

1. По результатам выполнения НИР подготовлены:

- учебные пособия: - 4 шт., в том числе:
  - Мишаков И.В. Основы технологии пылеулавливания. Учебное пособие. Изд-во НГТУ, Новосибирск. 2010. - 76 с.
  - Ведягин А.А. Каталитические методы защиты окружающей среды (Ч.1). Учебное пособие. Изд-во НГТУ, Новосибирск, 2009. - 72 с.
  - Ведягин А.А. Каталитические методы защиты окружающей среды (Ч.2). Учебное пособие. Изд-во НГТУ, Новосибирск, 2010. - 68 с
  - Фенелонов В.Б., Мельгунов М.С. Адсорбционно-капиллярные явления и пористая структура катализаторов и адсорбентов. Сборник задач и вопросов с ответами и решениями. Изд. НГУ, Новосибирск, 2010. 192 с.
- методические указания к выполнению лабораторных работ – 11 шт.

2. Результаты НИР внедрены в образовательный процесс подготовки:

- студентов 4 курса кафедры катализа и адсорбции факультета естественных наук НГУ как дополнение в существующие обязательные учебные курсы «Адсорбция и пористая структура» и «Катализ» в виде новых лекций и практических занятий.
- студентов 3 курса кафедры инженерных проблем экологии факультета летательных аппаратов НГТУ как дополнение в существующий обязательный учебный курс «Теоретические основы защиты окружающей среды» в виде новых лекций и практических занятий.
- студентов 5 курса кафедры инженерных проблем экологии факультета летательных аппаратов НГТУ как дополнение в существующий обязательный учебный курс «Каталитические методы защиты окружающей среды» в виде новых лекций и практических занятий.

**Достигнуты (или превышены) плановые значения индикаторов и показателей результативности работы, в том числе:**

- *«Количество кандидатов наук – исполнителей НИР, представивших докторские диссертации в диссертационный совет»:* представлена к защите 1 докторская диссертация на степень доктора химических наук по специальности 02.00.04 "Физическая химия".
- *«Количество аспирантов – исполнителей НИР, представивших кандидатские диссертации в диссертационный совет»:* защищено 4 кандидатских диссертаций на степень кандидата химических наук по специальностям 02.00.04 "Физическая химия" и 02.00.15 "Кинетика и катализ", что превышает заданное значение индикаторов.
- *«Количество студентов, аспирантов, докторантов и молодых исследователей, закрепленных в сфере науки, образования и высоких технологий (в период выполнения НИР»:* за время выполнения научно-исследовательских работ по настоящему проекту 10 студентов и аспирантов были закреплены в сфере науки в рамках научно-образовательного центра «Катализ», что превышает заданное значение индикаторов.

**Характеристика коллектива исполнителей НИР.** Более 55% исследователей, принявших участие в выполнение данного проекта, составили студенты, аспиранты и молодые кандидаты наук в возрасте до 35 лет. Доля фонда оплаты труда молодых участников НИР составила 61%.