

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Химический факультет  
Кафедра электрохимии  
Лаборатория двойного слоя и электрохимической кинетики

# Анодное поведение углеродного связующего в щелочной среде

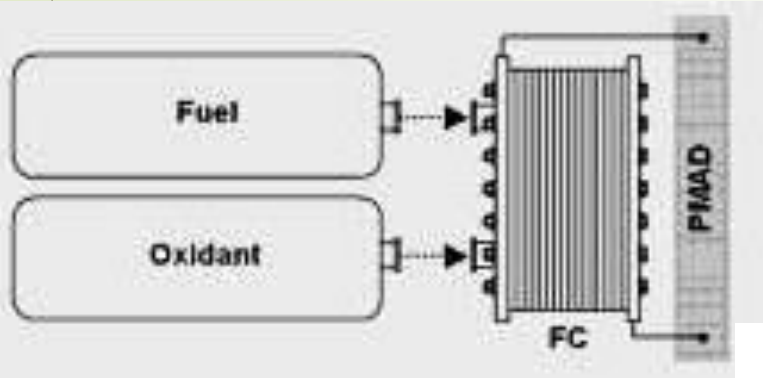
**Иван Сергеевич Филимоненков,**  
асп. I г/о

Научные руководители:  
д.х.н., проф. **Г.А. Цирлина** (Москва)  
д.х.н., проф. **Е.Р. Савинова** (Страсбург)

2016

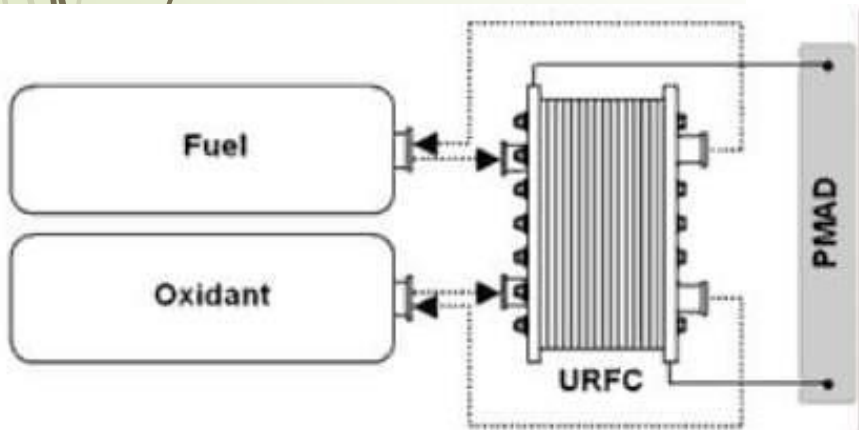
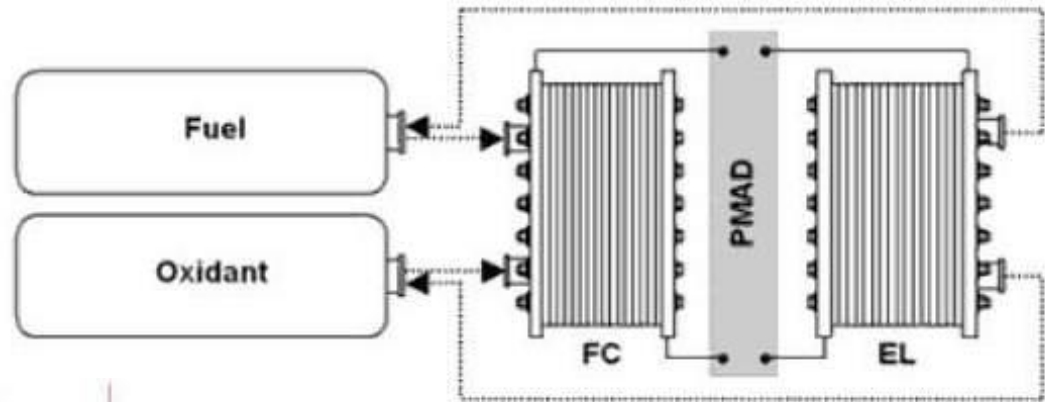
# Введение в тематику

2



**Direct Fuel Cell**

**Regenerative Fuel Cell**

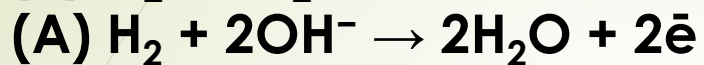
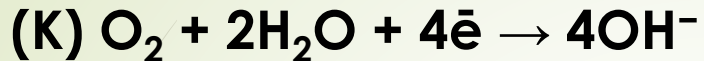


**Unitized Regenerative Fuel Cell (URFC)**

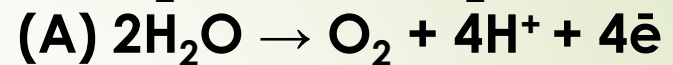
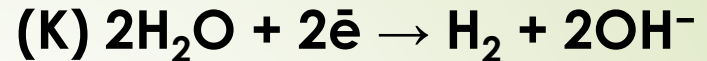
# Введение в тематику

3

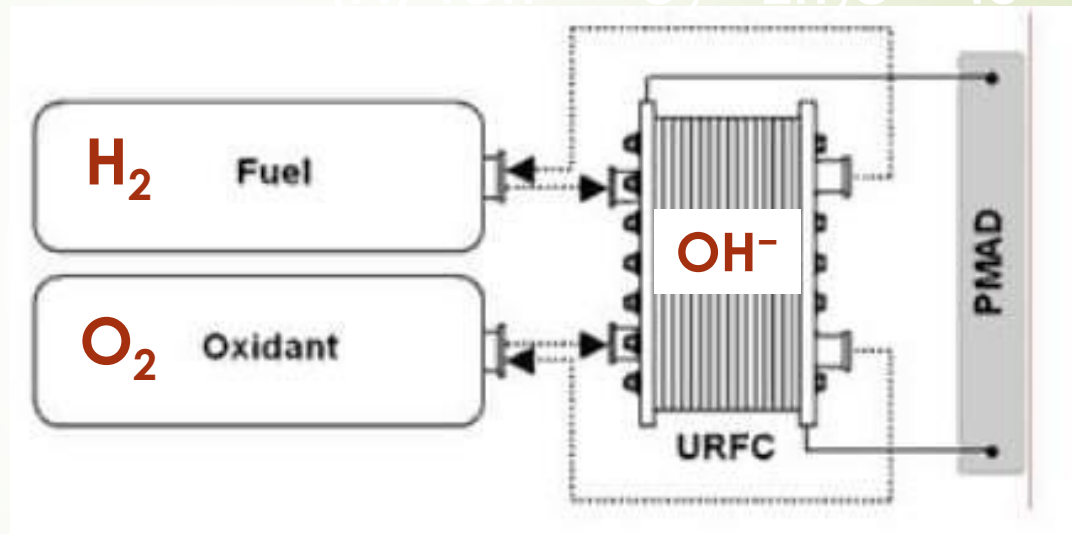
**FC-режим:**



**EL-режим:**



**Alkaline Unitized  
Regenerative  
Fuel Cell (URFC)**



**Общая задача:** разработка стабильных и недорогих каталитических материалов для электродов URFCs на основе оксидов неблагородных переходных 3d-металлов (Mn, Fe, Co, Ni)

# Цели диссертационной работы

4

1. Поиск путём электрохимических исследований оксидных бифункциональных катализаторов, электроактивных как в реакциях катодного восстановления, так и в реакциях анодного выделения  $O_2$
2. Создание на основе найденных бифункциональных катализаторов оптимальных электродных композиций для реакций катодного восстановления и анодного выделения  $O_2$
3. Установление механизма реакций катодного восстановления и анодного выделения  $O_2$  на исследованных катализаторах

# Объекты диссертационной работы

5

**Электродные композиции:  
катализатор + носитель (связующее)  
+ подложка**

**Смешанные оксиды марганца  
вида:**

1.  $(Mn, M)_2O_3$  ( $M = In, Y, Fe, Co$ ) со структурой биксбиита
2.  $MMnO_3$  ( $M = In, Y$ ) с гексагональной структурой
3.  $(Ca, R)MnO_3$  ( $R =$  редкоземельный катион) со структурой перовскита

**С.Я. Истомина:**

**синтез электро-проводящих  
ОКСИДОВ**

**Электропроводящие связующие:**

1. **Углеродные** связующие:
  - a) [Углерод «Vulcan» \(254 м<sup>2</sup>/г\)](#)
  - b) Сибунит (62 м<sup>2</sup>/г)
  - c) Углеродные многослойные нанотрубки
  - d) Углеродные филаменты
  - e) Азот-содержащие углеродные нанотрубки
2. **Неуглеродные** связующие:
  - a) Порошок меди
  - b) Порошок золота

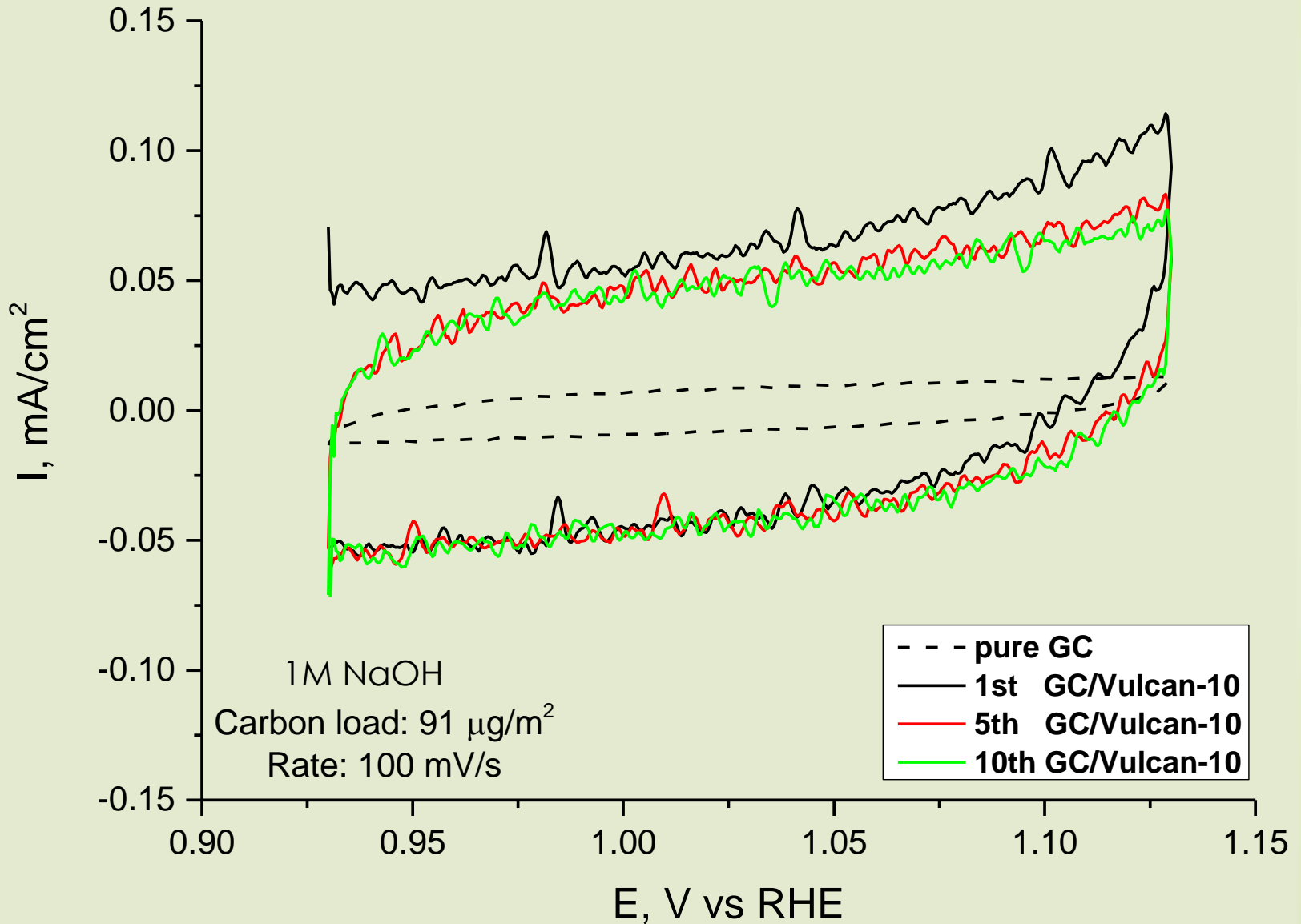
# План работы

6

- 1. Характеристика по отношению к деструкции** при потенциалах выделения  $O_2$  (методом CV):
  - а) углеродных и неуглеродных связующих**
  - б) катализаторов на основе оксидов переходных металлов**
- 2. Поиск оптимального состава для приготовления электродных композиций,** используемых в реакциях катодного восстановления и анодного выделения  $O_2$  (методами RDE и RRDE)
- 3. Получение информации об удельной электрокаталитической активности** электродных композиций в реакциях катодного восстановления и анодного выделения  $O_2$  (методами RDE, RRDE и  $N_2$ -BET)
- 4. Контроль состояния электродных материалов** после реакций восстановления и выделения  $O_2$  (методом CV)
- 5. ....**

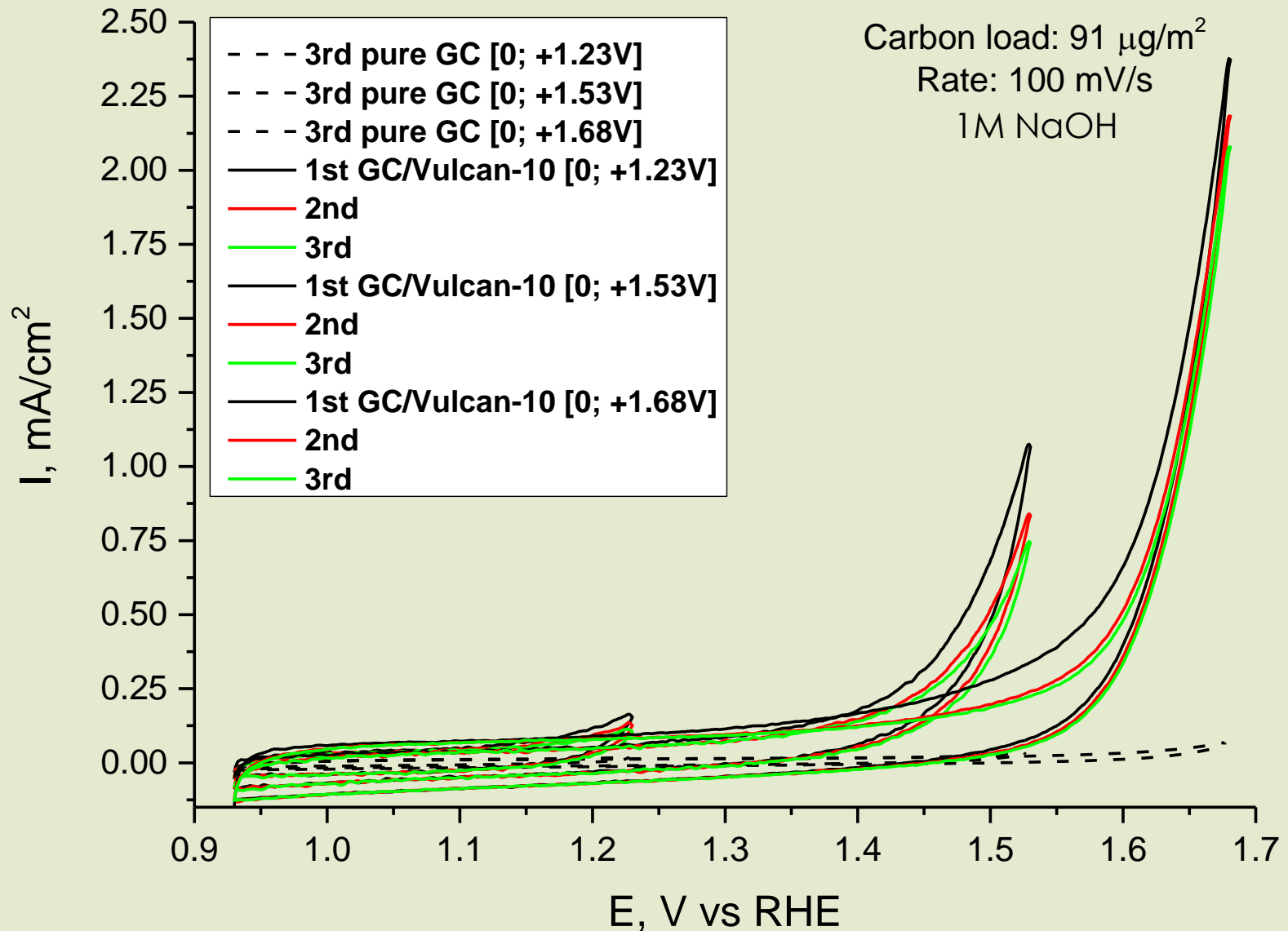
# Экспериментальные данные. Стабильность

7



# Экспериментальные данные. Выделение кислорода

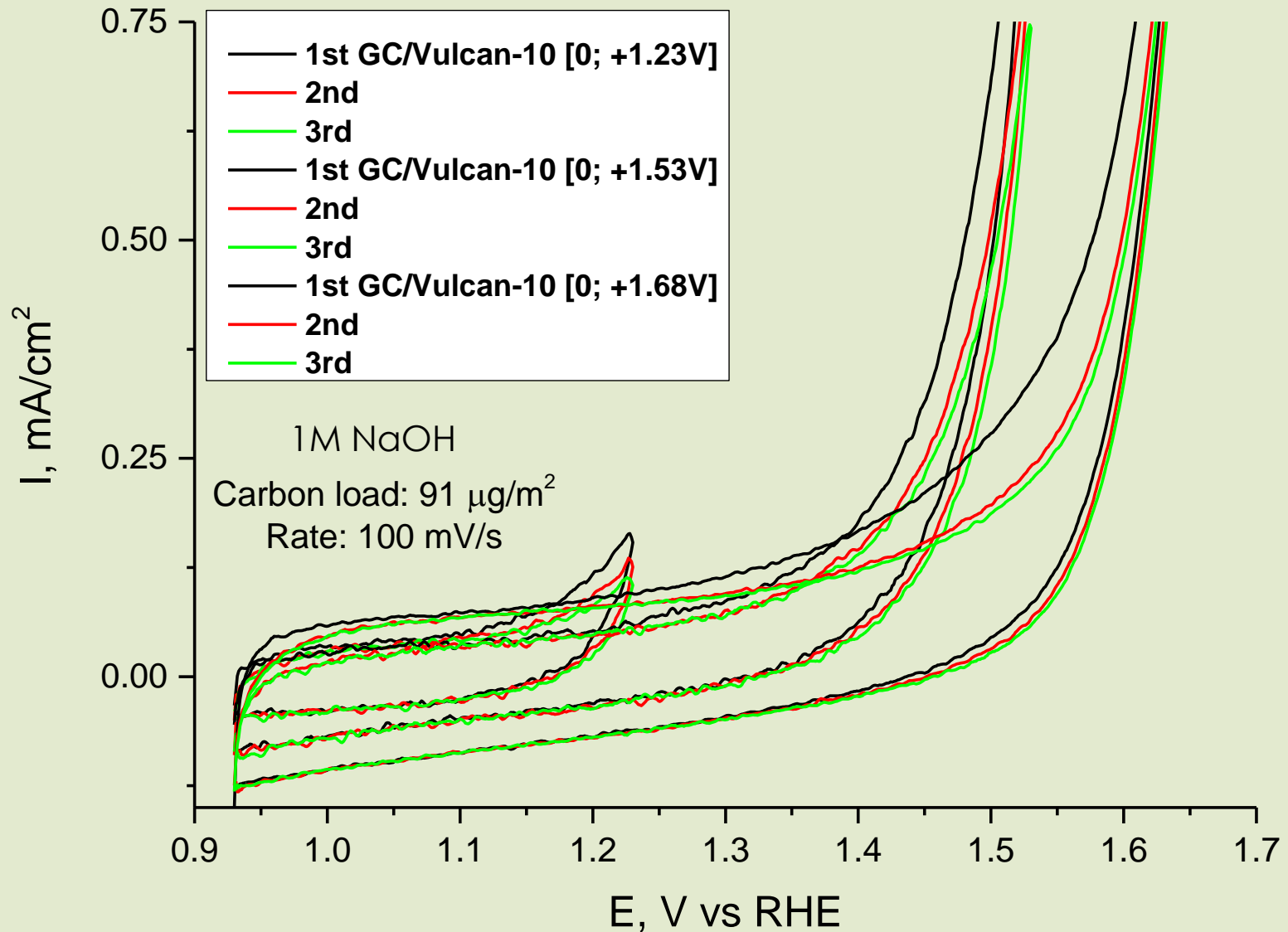
8





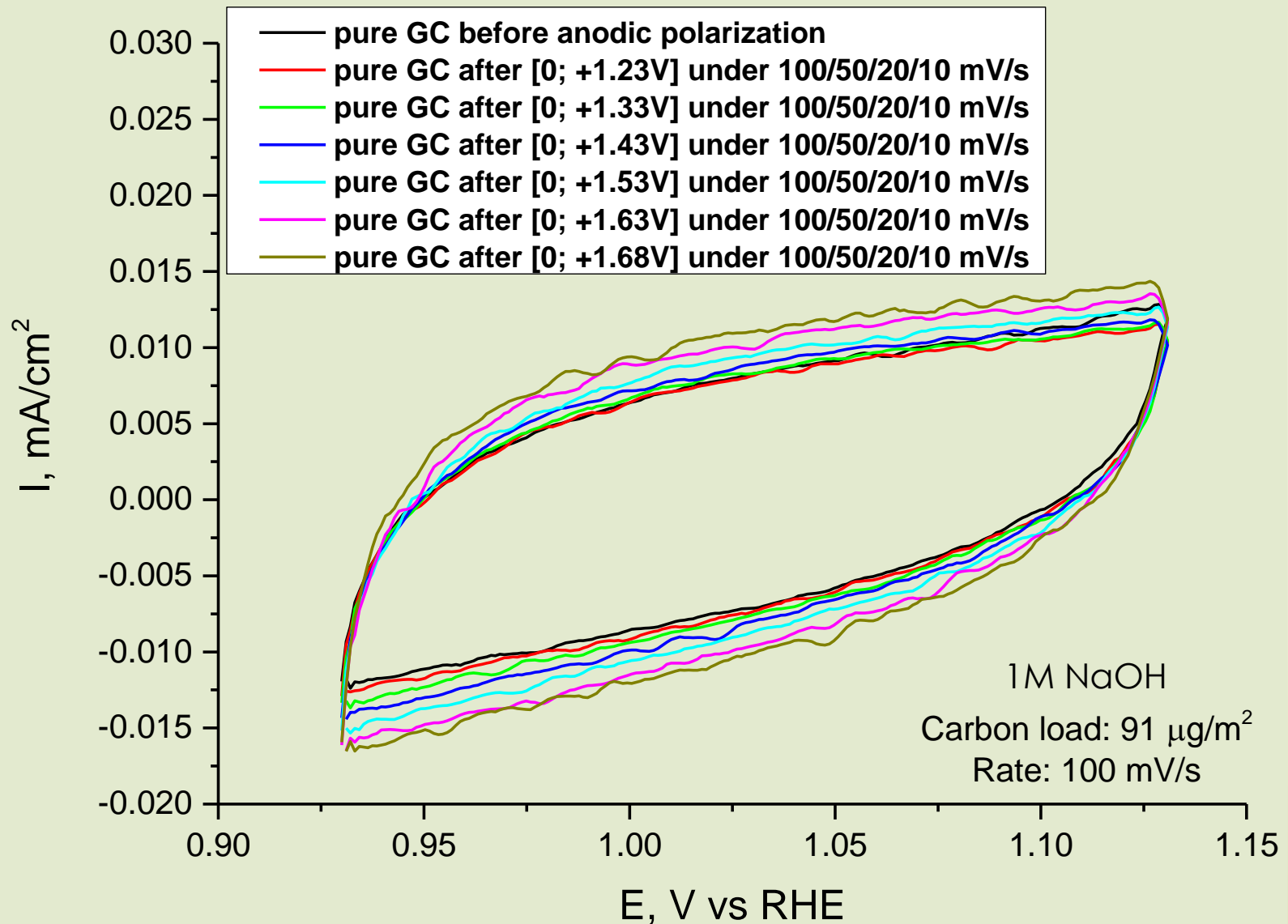
# Экспериментальные данные. Выделение кислорода

9



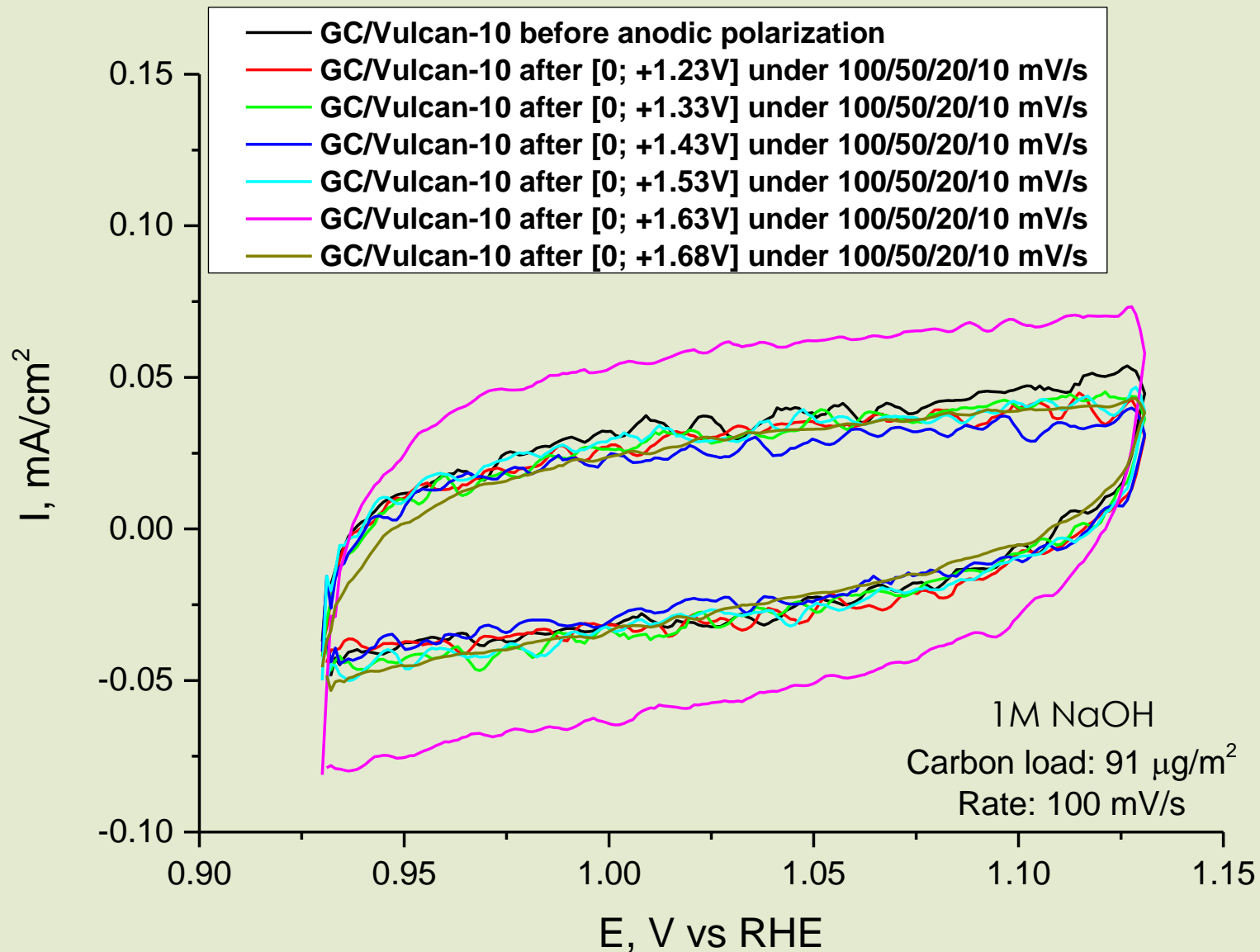
# Экспериментальные данные. Деструкция подложки

10



# Экспериментальные данные. Деструкция связующего

11



# Заключение и план дальнейшей работы

12

- 1. Характеристика по отношению к деструкции** при потенциалах выделения  $O_2$  (методом CV):
  - а) углеродных и неуглеродных связующих
  - б) катализаторов на основе оксидов переходных металлов
- 2. Поиск оптимального состава для приготовления электродных композиций,** используемых в реакциях катодного восстановления и анодного выделения  $O_2$  (методами RDE и RRDE)
- 3. Получение информации об удельной электрокаталитической активности** электродных композиций в реакциях катодного восстановления и анодного выделения  $O_2$  (методами RDE, RRDE и  $N_2$ -BET)
- 4. Контроль состояния электродных материалов** после реакций восстановления и выделения  $O_2$  (методом CV)
- 5. ....**

**По результатам работы в Москве и Страсбурге планируется публикация одной статьи и выступление с докладом на конференции.**

**Спасибо за внимание!**

# Международная работа по тематике

14

Проект	Цель	Результат
РФФИ + CNRS	создание и характеристика оксидов переходных металлов для URFCs, катализирующих реакцию <b>катодного восстановления <math>O_2</math></b> ; исследование <b>механизма</b> реакции	<b>1. Активность</b> катализаторов коррелирует с <b>редокс-потенциалом <math>Mn(IV)/Mn(III)</math> на поверхности</b> ; <b>2.</b> На оксидах со структурой <b>перовскита</b> реакция протекает через стадию образования <b><math>H_2O_2</math></b> по схеме <b><math>[2e^- + 2e^-]</math></b>
ERA.NET	создание и характеристика оксидов переходных металлов для URFCs, катализирующих как реакцию <b>катодного восстановления</b> , так и реакцию <b>анодного выделения <math>O_2</math></b>	<b>текущий проект</b>

## Предполагаемые проблемы:

- 1. Деструкция** катализаторов и связующих материалов
- 2. Блокирование** поверхности электродов из-за **газовыделения ( $O_2$ )**