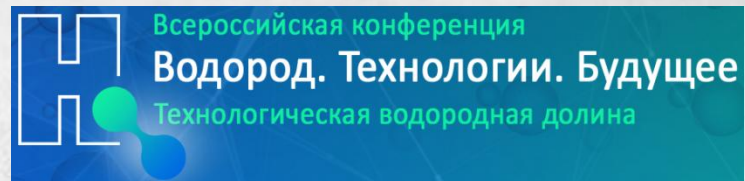




ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА  
им. Г.К. БОРЕСКОВА



Всероссийская научно-практическая конференция  
«Водород. Технологии. Будущее»

# СИНТЕЗ ВОДОРОДА ПУТЕМ РАЗЛОЖЕНИЯ $H_2S$ В МЕМБРАННОМ КАТАЛИТИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

С.Р. Хайрулин<sup>1</sup>, М.А. Керженцев<sup>1</sup>, А.В. Сальников<sup>1</sup>, З.Р. Исмагилов<sup>1,2</sup>



<sup>1</sup> ФИЦ Институт катализа СО РАН,  
Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> ФИЦ Угля и углехимии СО РАН  
Кемерово, Россия

23-24 декабря 2020 г.

# Сероводород

Источники - сероводород, полученный при переработке ископаемых топлив.

Потенциальный источник – сероводород глубинных слоев Черного моря.

Запасы до 3 млрд. тонн.

Современный процесс конверсии сероводорода в серу –

**прямое каталитическое окисление сероводорода**



Промышленная установка  
в ПАО «Татнефть»



Промышленная установка  
для ООО «НОВАТЭК - Усть-Луга»

Разработчик – ФИЦ Институт катализа СО РАН

## Каталитическое разложение сероводорода

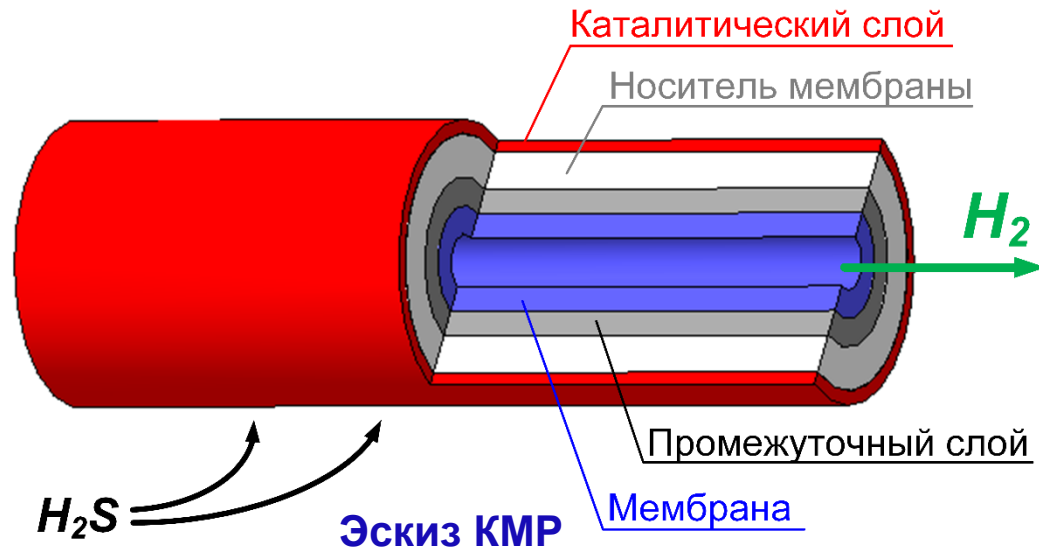
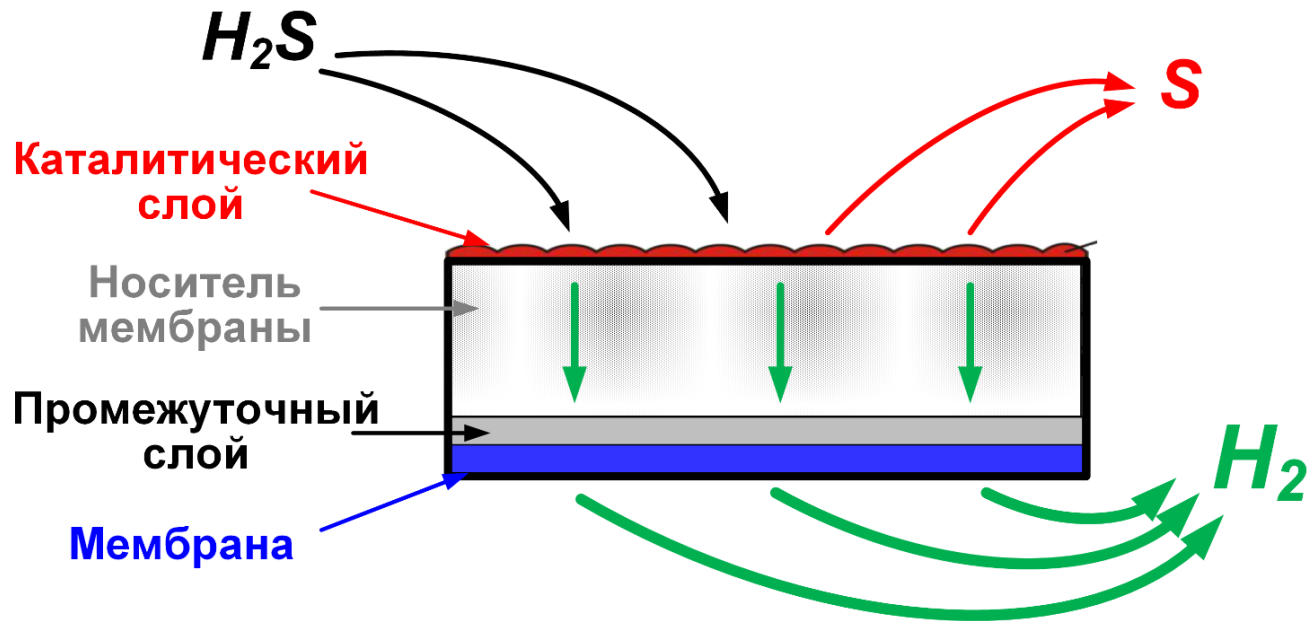


Прямое разложение сероводорода приводит к образованию двух полезных продуктов - **элементарной серы и водорода**. Полученный водород может быть отнесен к категории «зеленого» водорода.

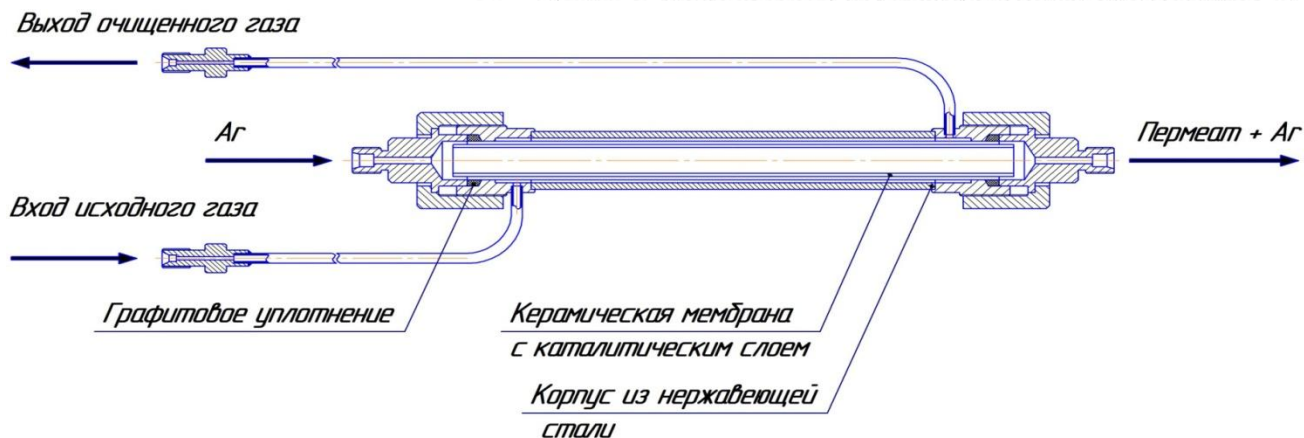
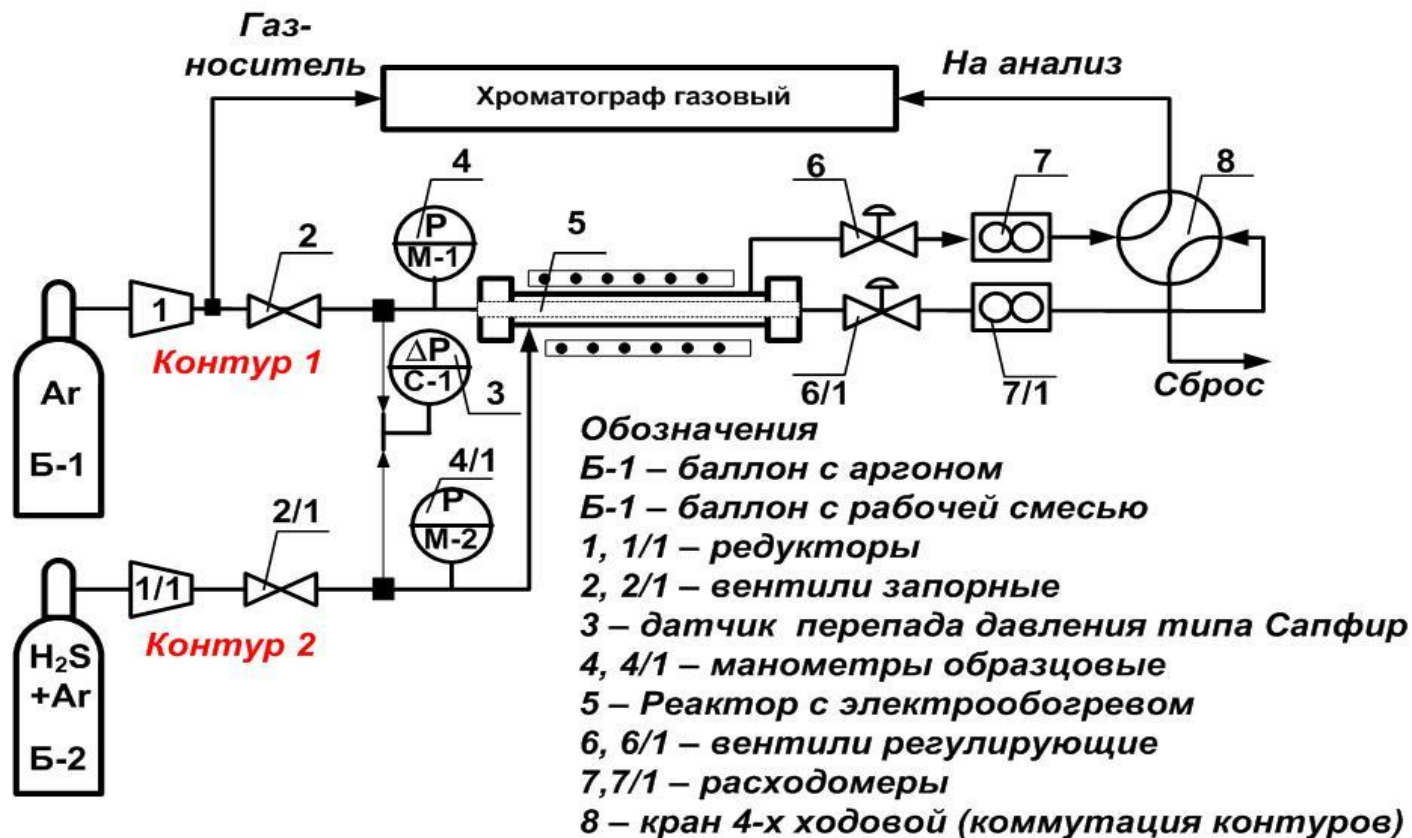
Эндотермический характер реакции определяет высокий температурный порог для ощутимого (на уровне 10-15 %) выхода  $\text{H}_2$ . Так, равновесная конверсия водорода составляет при  $600^\circ\text{C} \sim 1 \%$ , а при  $900^\circ\text{C} \sim 13 \%$ .

Поскольку сдвиг равновесия вправо требует очень высоких температур, для увеличения эффективности технологии в целом необходимы решения, связанные с выводом продуктов (водород и/или пары серы) из реакционной зоны, что позволит повысить выход водорода при умеренных температурах. Использование **каталитического мембранного реактора** является эффективным способом решения этой проблемы за счет селективной проницаемости водорода через мембрану.

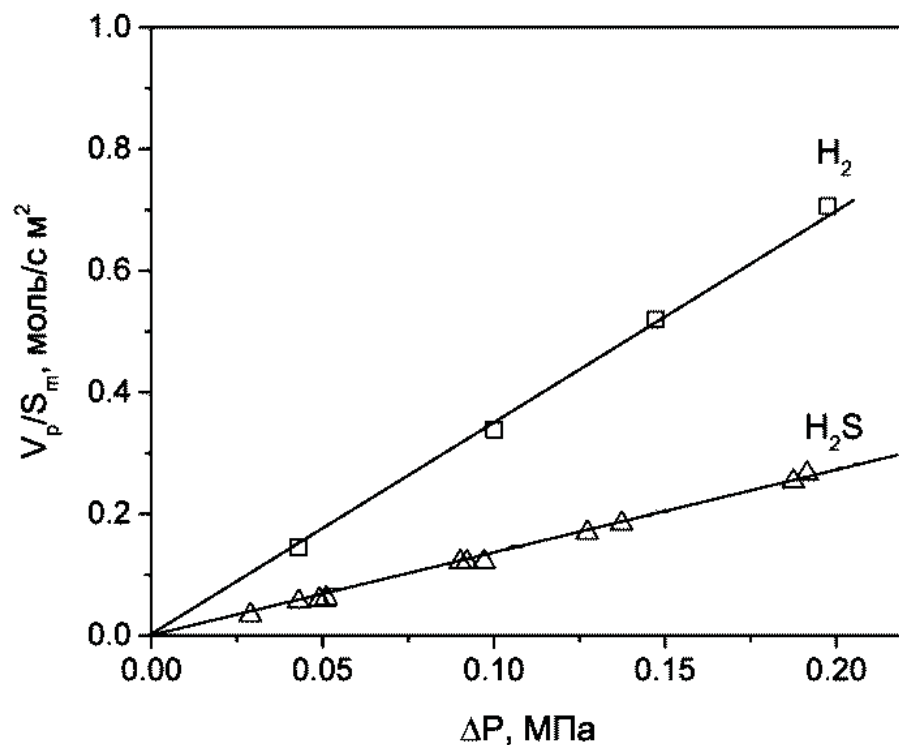
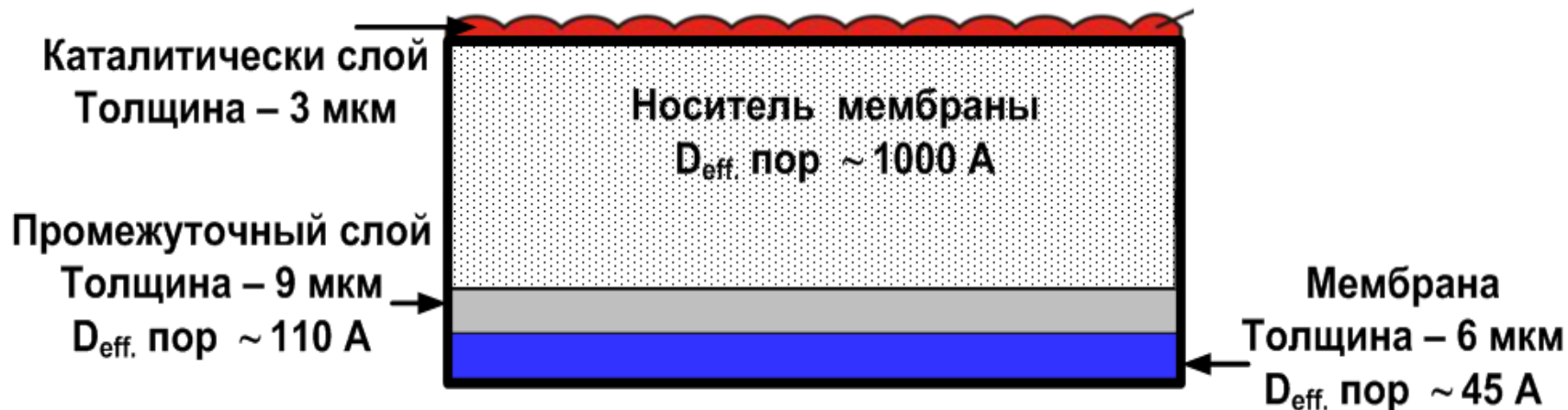
# Каталитический мембранный реактор (КМР)



# Экспериментальная часть



# Проницаемость КМР по водороду и сероводороду



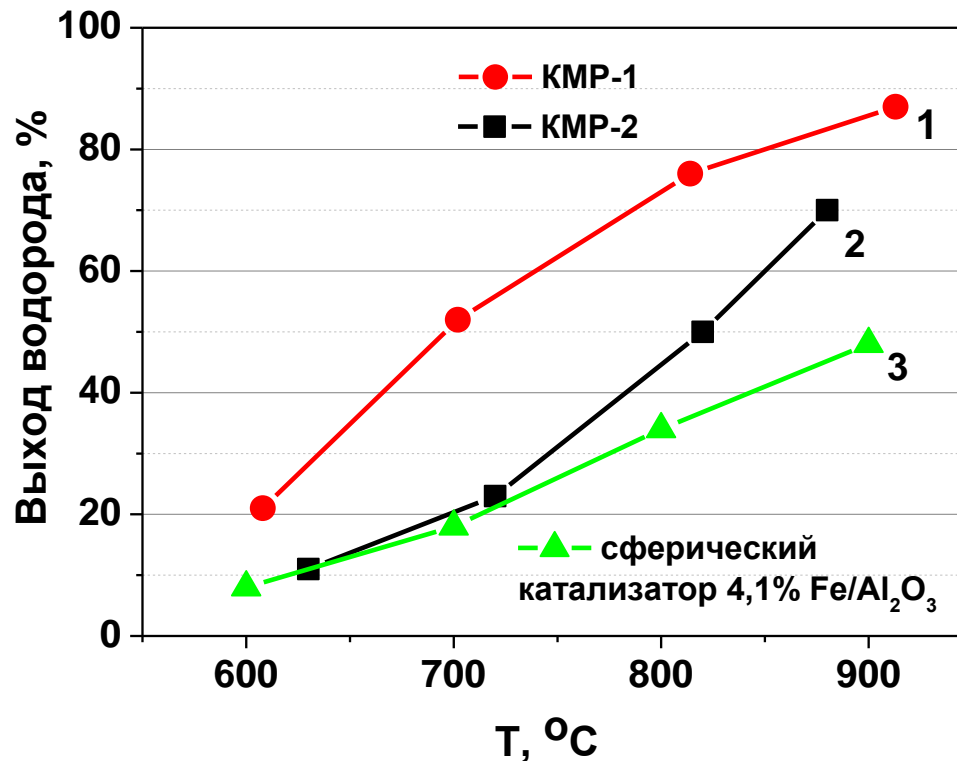
Проницаемость КМР по  $H_2$ ,  $H_2S$  при комнатной температуре в зависимости от разницы давления  $\Delta P$  в контурах 1 и 2

Коэффициент проницаемости -  $K_p \cdot 10^7$ , моль / см<sup>2</sup> · Па

Сероводород – 14

Водород - 35

## Разложение $\text{H}_2\text{S}$ в каталитических мембранных реакторах.

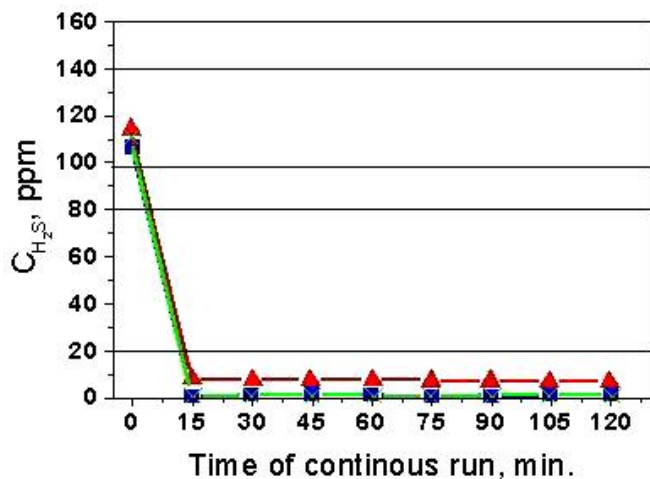


Выход водорода в зависимости от температуры:

- 1 – каталитический мембранный реактор с промежуточным слоем (KMP-1)
- 2 – каталитический мембранный реактор без промежуточного слоя (KMP-2)
- 3 – проточный реактор с гранулированным катализатором 4,1%Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## Испытания КМР.

### Получение водорода из сероводорода коксовых газов Совместный проект с компанией Nippon Steel



Результаты серии пилотных испытаний.  
Остаточное содержание  $H_2S$  в зависимости  
от времени пробега



Осмотр пилотной установки на  
коксовом производстве Nippon Steel



Доклад руководителя проекта Исмагилова З.Р.  
на научно-техническом совете Nippon Steel



## Заключение

Степень превращения  $\text{H}_2\text{S}$  с образованием водорода достигает 87% на мембранном катализаторе оптимального состава и способа приготовления.

Использование каталитического мембранного реактора является перспективным альтернативным способом получения «зеленого» водорода из сероводорода с учетом огромных потенциальных запасов (до 3 млрд. тонн) сероводорода Черного моря.