

# Исследование МСМ41-С1 методами адсорбционной и жидкостной порометрии

А.А. Белогорлов<sup>1</sup>, С.А. Бортникова<sup>1</sup>, П.Г. Мингалев<sup>2</sup>

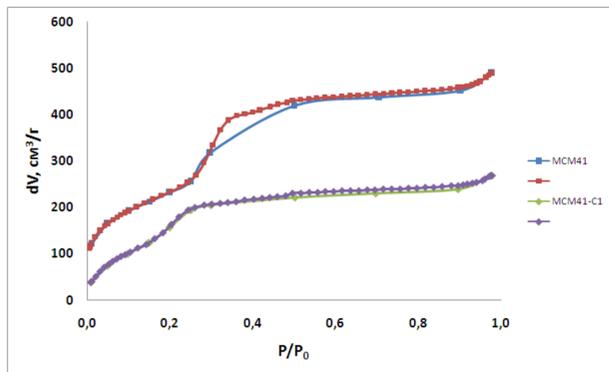
<sup>1</sup>Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»,  
115409, г. Москва, Каширское ш., 31

<sup>2</sup>Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,  
119991, г. Москва, Ленинские горы, д., 1

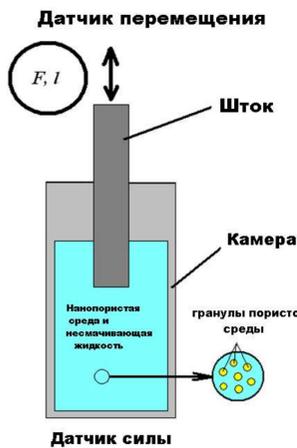
## Эксперимент

Нанопористые среды: МСМ41 и МСМ41-С1

Низкотемпературная сорбция: Autosorb iQ, производства фирмы Quantachrome Instruments (США).

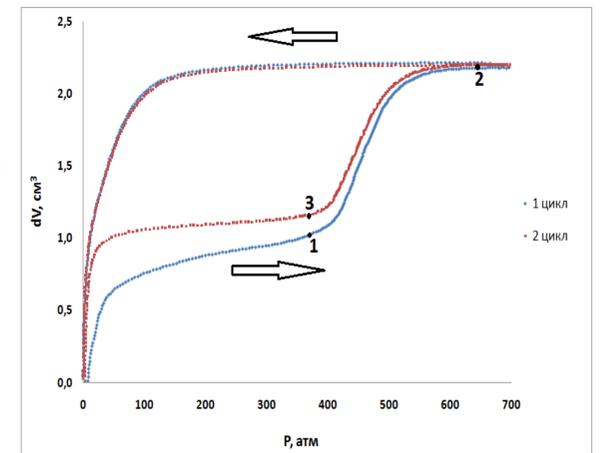


Изотермы сорбции для нанопористых сред МСМ41 и МСМ41-С1.



Экспериментальная ячейка

Изменение давления <math><1 \text{ атм/с}</math>.  
Частота АЦП ~ 1 kHz.  
Датчик силы –  $F = 0 \dots 20 \text{ кН}</math>.  
Датчик перемещения –  $l = 0 \dots 0,1 \text{ м}</math>.  
Площадь поперечного сечения штока:  
 $S_p = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2</math>,  
 $p = F / S_p$ ,  $\delta V = l \cdot S_p$   
Несмачивающая жидкость:  
**Дистиллированная вода**  
Время ожидания:  
~10, 100, 1000, 10000 секунд  
Температура: 8°, 20°, 40 °С$$$

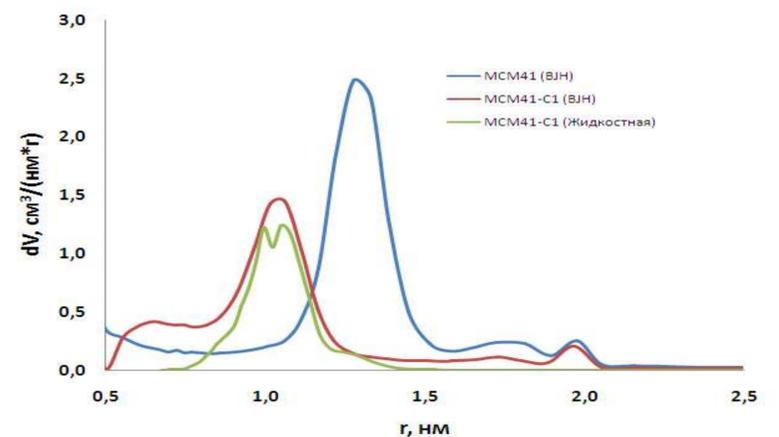


Изменение внутреннего объема ячейки от избыточного давления для циклов заполнения – вытекания несмачивающей жидкости из пористой среды МСМ41-С1 при  $T=20^\circ\text{C}$

## Результаты исследования

Характеристики пористых сред МСМ41 и МСМ41-С1

	$S_p, \text{ м}^2/\text{г}$	$V_p, \text{ см}^3/\text{г}$	$\langle r \rangle, \text{ нм}$
МСМ41 (адсорбция)	972	0,90	1,28
МСМ41-С1 (адсорбция)	769	0,61	1,06
МСМ41-С1 (жидкостная) $\phi = 110^\circ, \sigma = 72 \text{ мН/м } T=20^\circ\text{C}$	217	0,29	1,02



Распределение пор пористых сред МСМ41 и МСМ41-С1, полученные методом адсорбционной и жидкостной порометрии.

### Методики расчета

Адсорбционная порометрия:  
БЭТ  
ВН

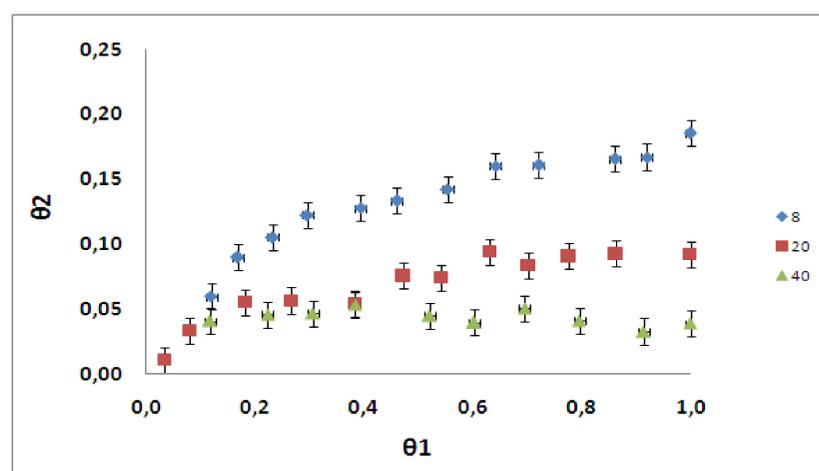
Жидкостная порометрия:  
Уравнение Лапласа

## Дополнительные методики

Частичное заполнение

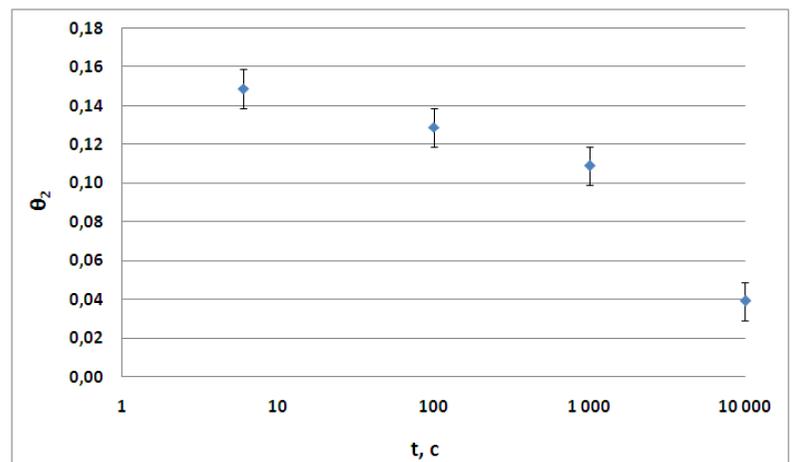
Доля невытекшей жидкости:

$$\theta_2 = \frac{V_3 - V_1}{V_2 - V_1}$$



Доля невытекшей жидкости от степени заполнения пористой среды МСМ41-С1 водой при температурах 8°, 20°, 40°С.

Временная релаксация



Доля невытекшей жидкости из пористой среды МСМ41-С1 от времени между циклами заполнения при  $T=8^\circ\text{C}$ .

## Заключение

Получены характеристики пористых сред МСМ41 и МСМ41-С1 различными методами. Показано, что модификация МСМ41 приводит к существенным изменениям характеристик пористой среды. Проведены дополнительные исследования для определения характеристик взаимодействия пористой среды МСМ41-С1 и несмачивающей жидкости.

**Благодарность:** Работа выполнена в центре «Физика неравновесных атомных систем и композитов» в рамках проекта повышения конкурентоспособности НИЯУ МИФИ (контракт № 02.а03.21.0005). Авторы также выражают благодарность за частичную финансовую поддержку Министерству образования и науки РФ (задание № 3.720.2014/К) и Российскому фонду фундаментальных исследований (№ 14-08-00805, № 14-08-00895).