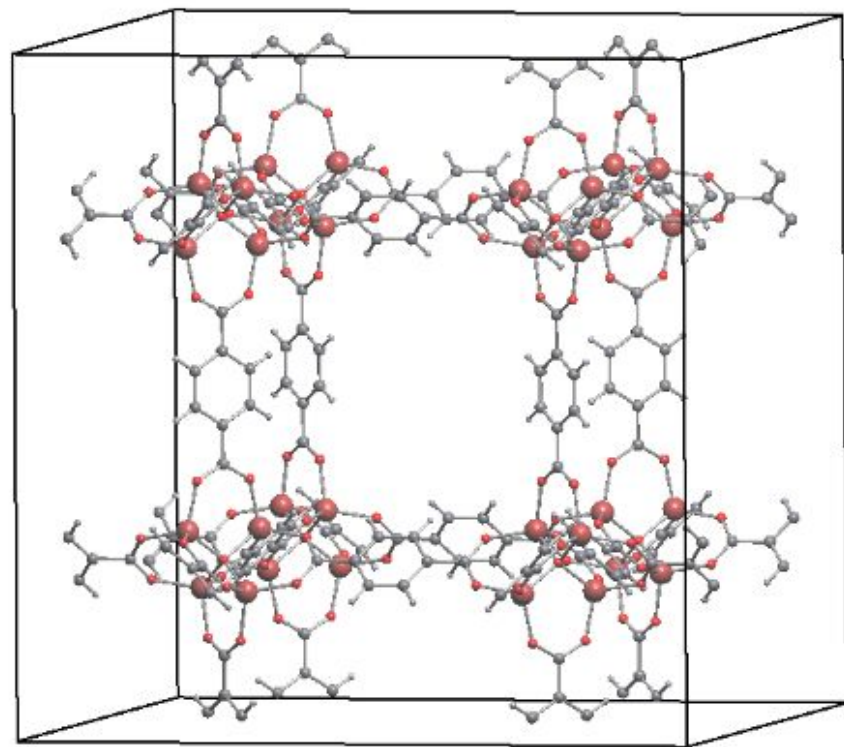




# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

АДСОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ КАРКАСЫ

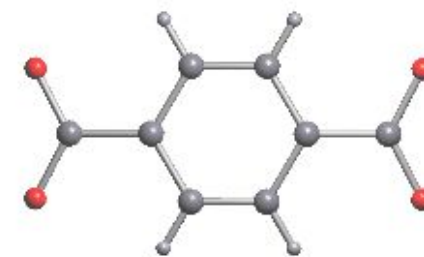
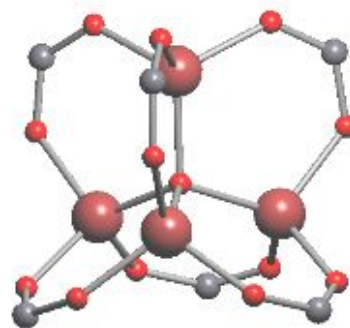
Металл-органические каркасы – потенциально пористые сшитые периодичные координационные полимеры, построенные из органических лигандов и катионов металлов.



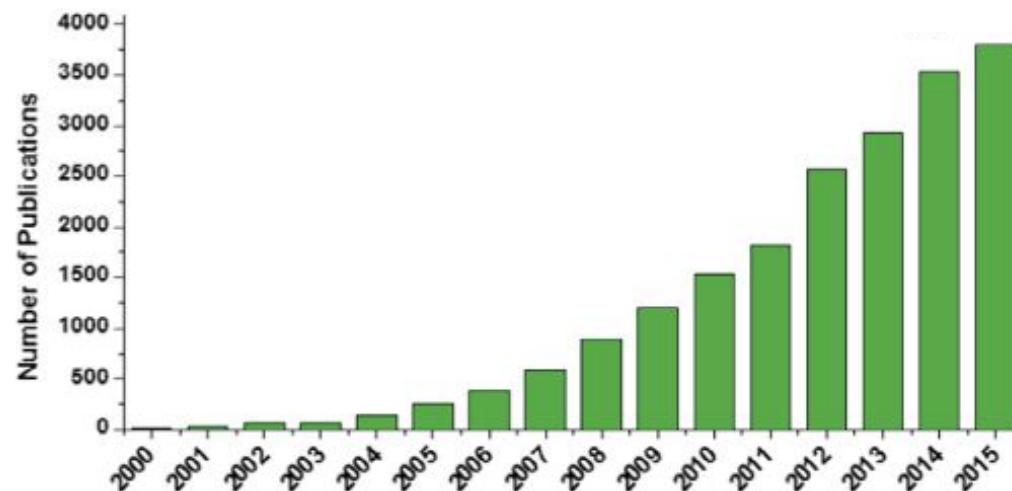
MOF-5



Комплексная группировка

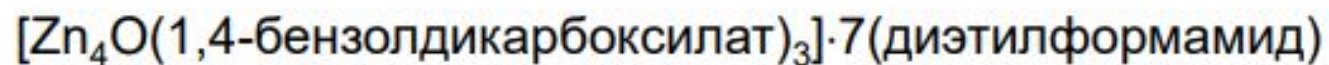
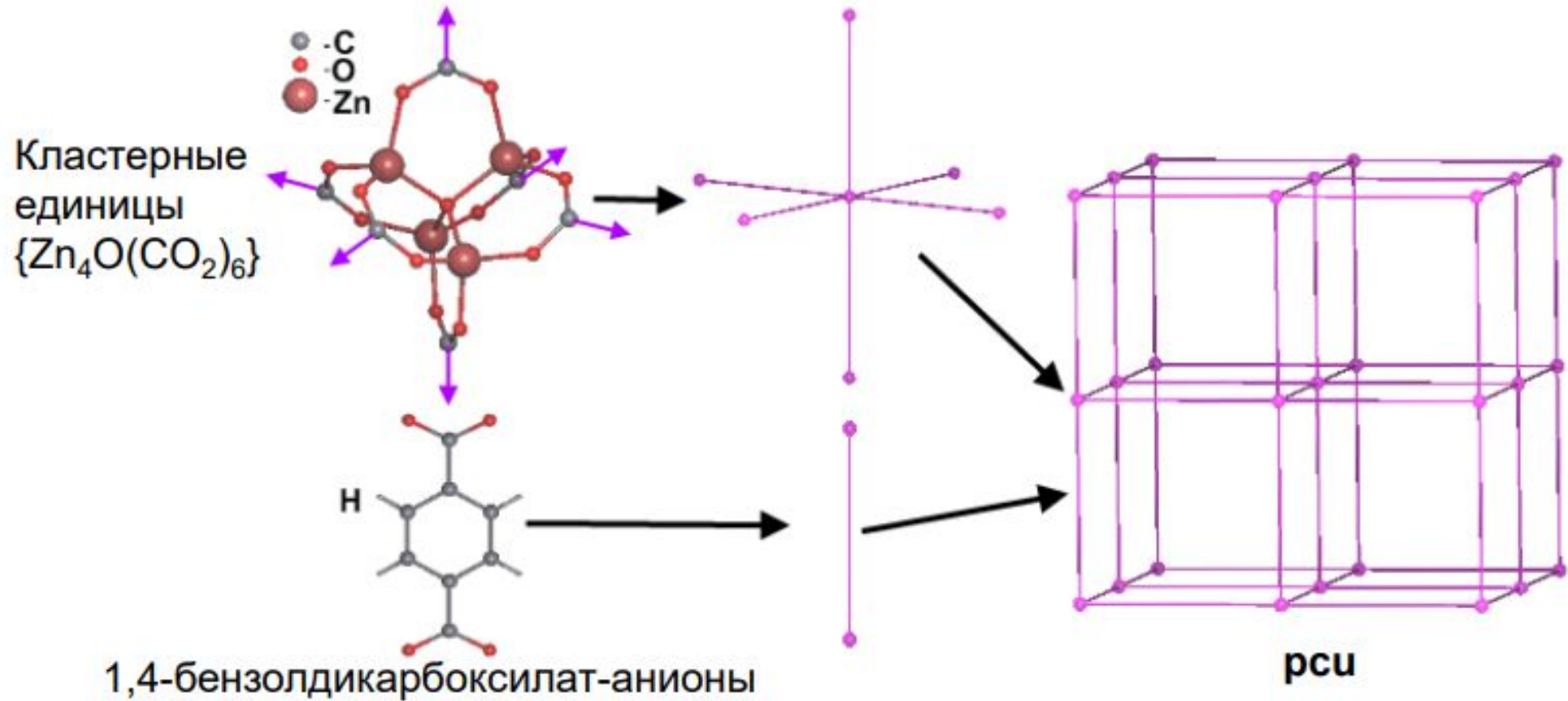


Линкер

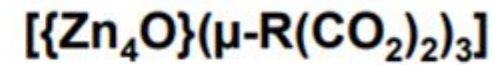
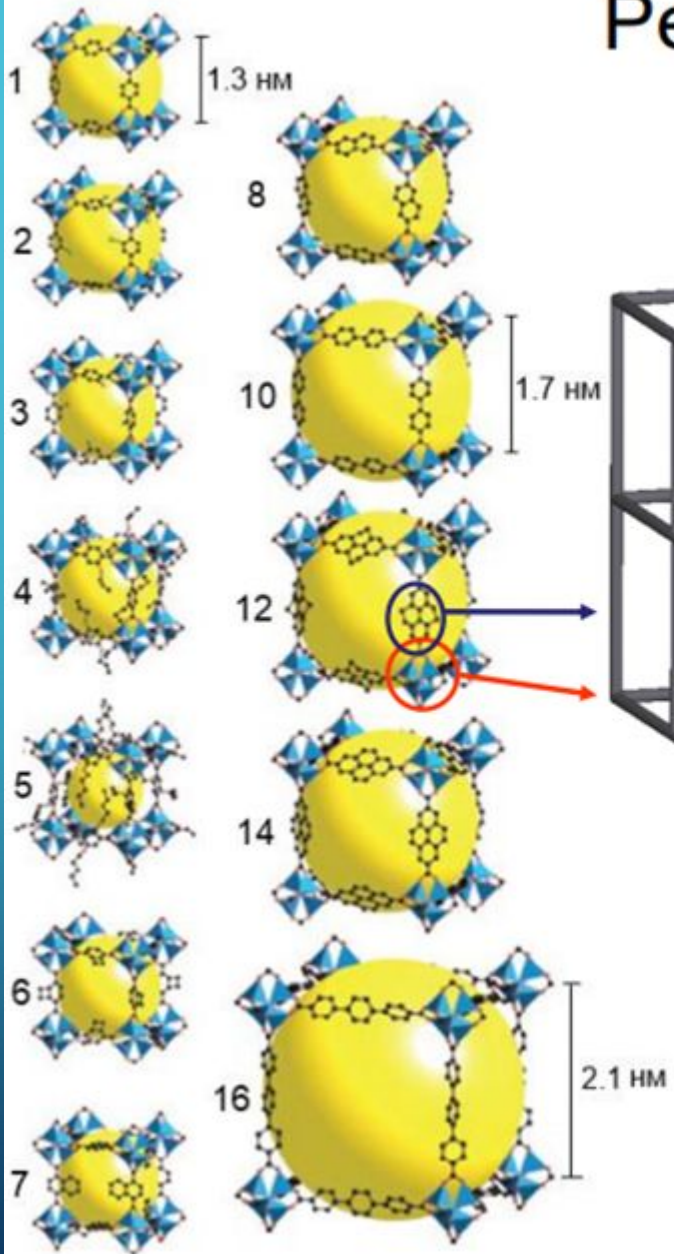


# Топология каркаса

## Координация вторичных строительных единиц



# Ретикулярная химия



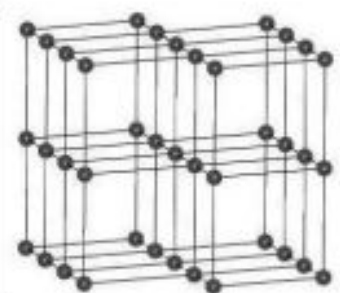
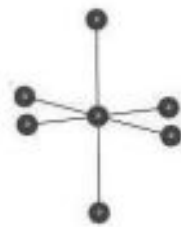
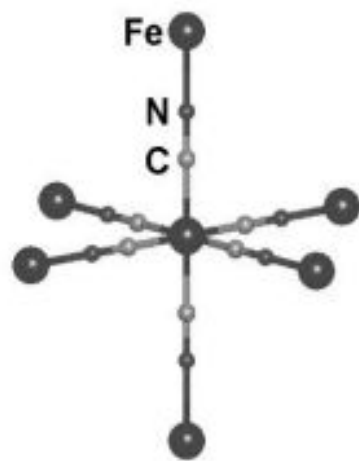
Одинаковая топология связывания строительных единиц в каркас;  
*топологический тип* – сетка **рси** (примитивная кубическая решетка)

# Геометрико-топологические корреляции

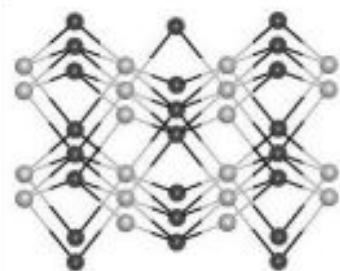
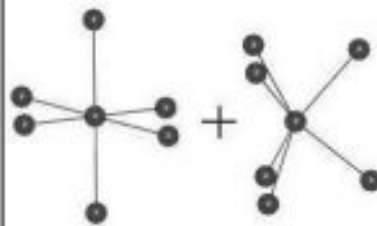
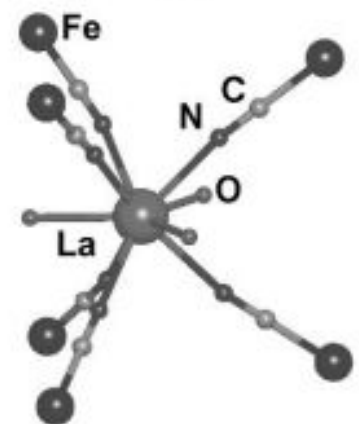
Комплексная группировка

Координационная фигура

Базовая сетка



pcu



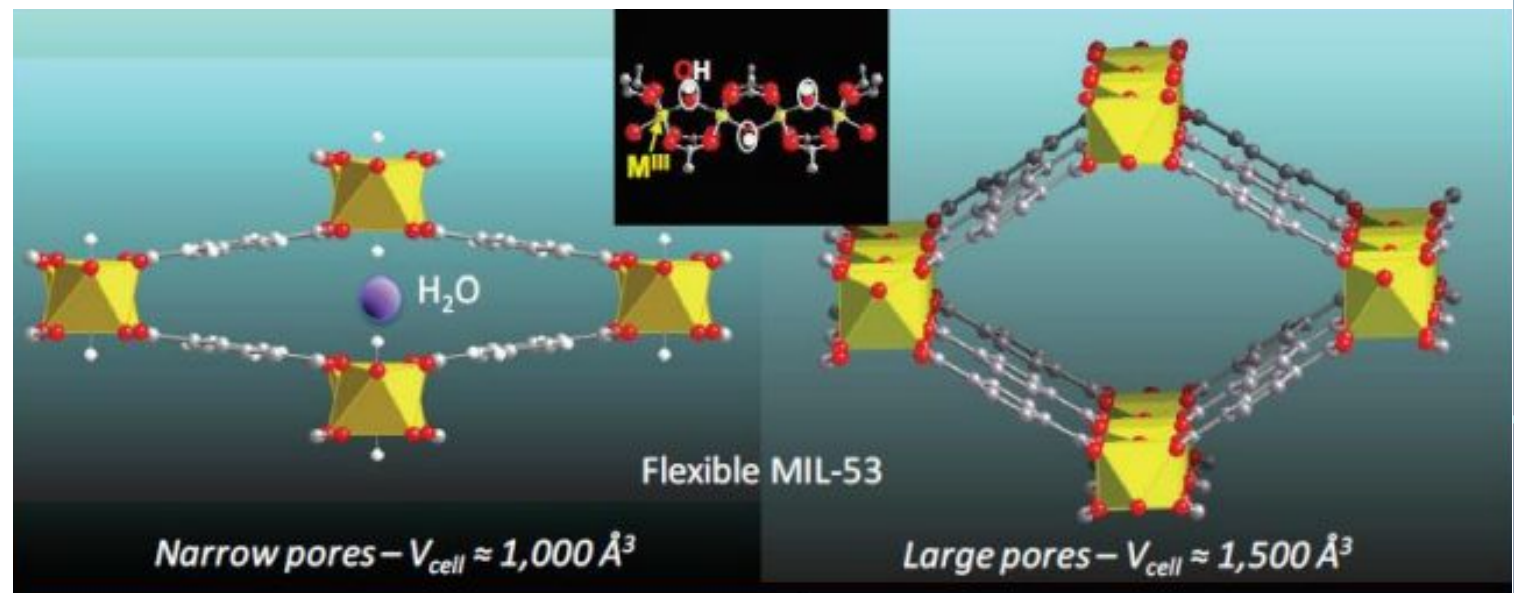
nia



acs

# Особенности металлоорганических соединений

1. Высокая удельная пористость до  $6000 \text{ м}^2/\text{г}$   
(активированный уголь –  $500\text{-}1500 \text{ м}^2/\text{г}$ , цеолиты  $400\text{-}600 \text{ м}^2/\text{г}$ )
2. Различная форма пор
3. Отсутствует объема, недоступного для поглощаемого вещества
4. Эластичность каркаса
5. Низкая термо- и водостойкость



# Хранение метана

1. Сжижение газа

2. Сжатие газа

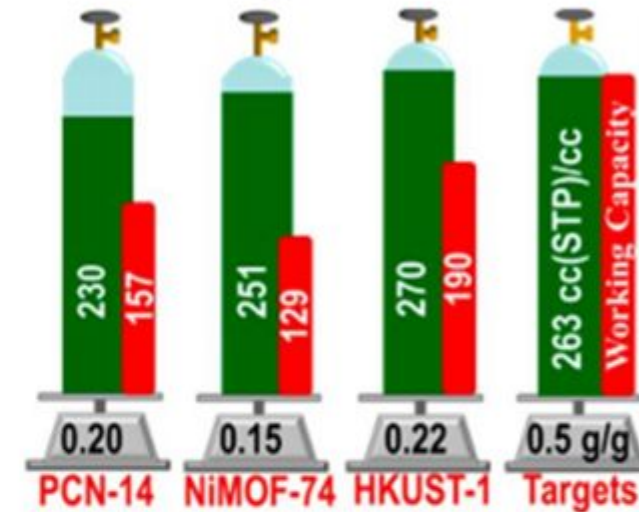
3. Адсорбция газа

600 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> при сжижении 110 К

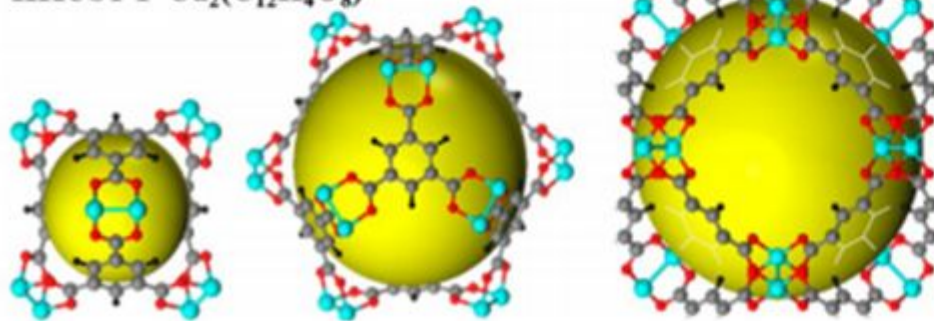
250 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> при сжатии 250 атм и 298 К

Basolite® C 300 (медь бензол-1,3,5-трикарбоксилат, Cu-BTC MOF, HKUST-1)

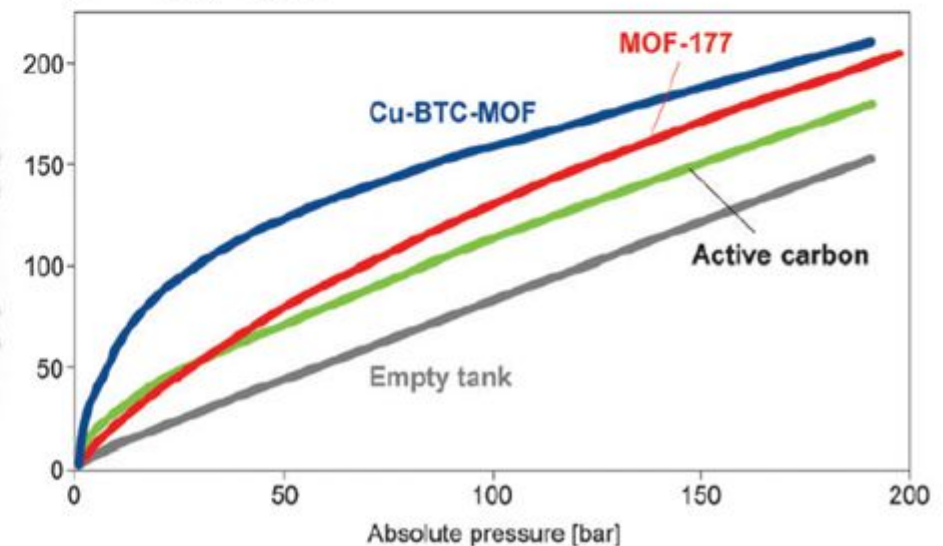
225 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> при 35 атм и 25 °С



HKUST-1 Cu<sub>2</sub>(C<sub>12</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>)



CH<sub>4</sub> uptake [g<sub>CH<sub>4</sub></sub> / L<sub>material</sub>]



# Хранение водорода

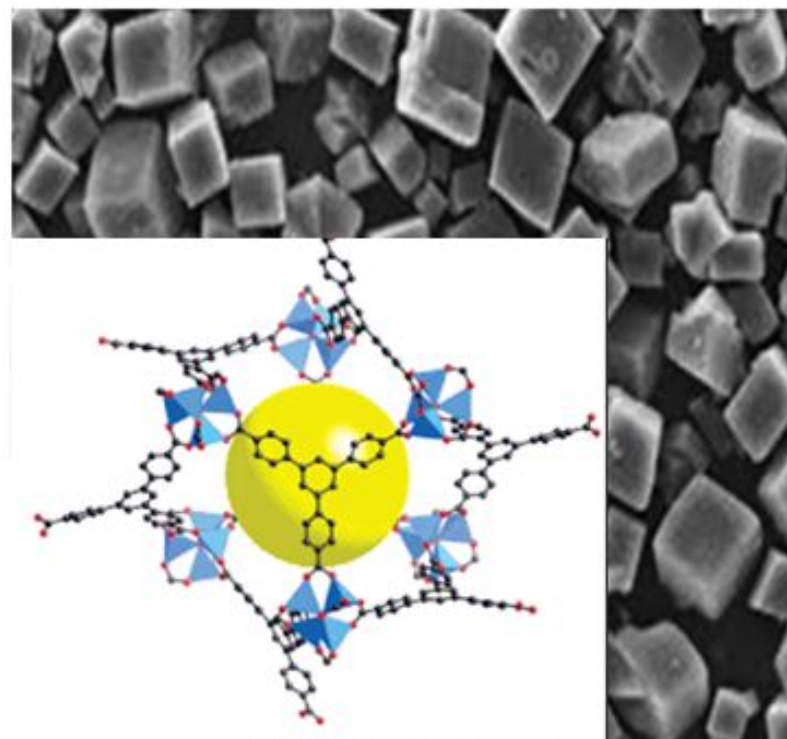
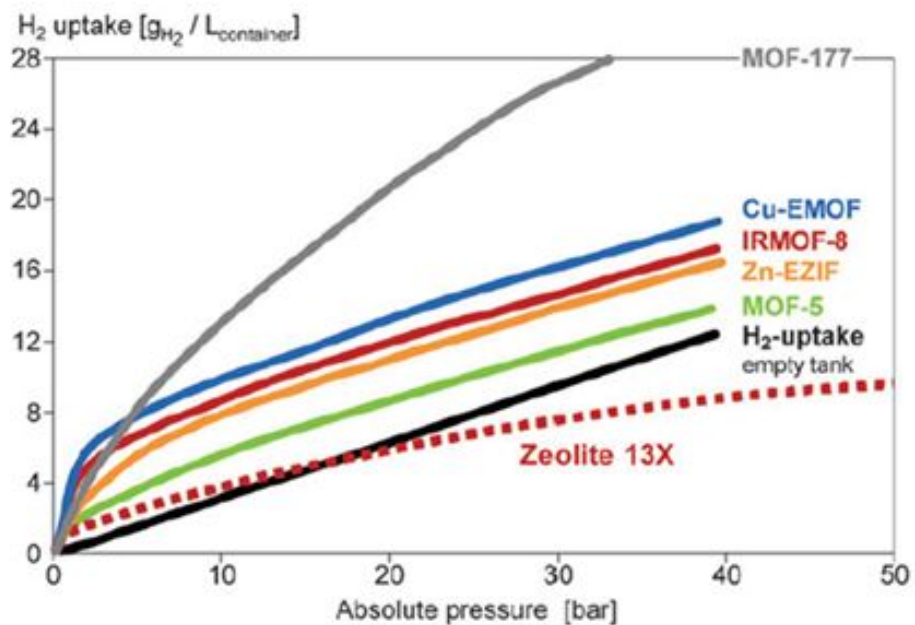
Температура кипения 20 К  
Критическая температура 38 К  
Плотность 70.8 кг/м<sup>3</sup> при 20 К и 1 атм  
1–2 кг на 100 км пути

Емкость существующих танкеров  
3.4–4.7 масс.% и 14–28 кг/м<sup>3</sup>

Цель: 81 кг/м<sup>3</sup>

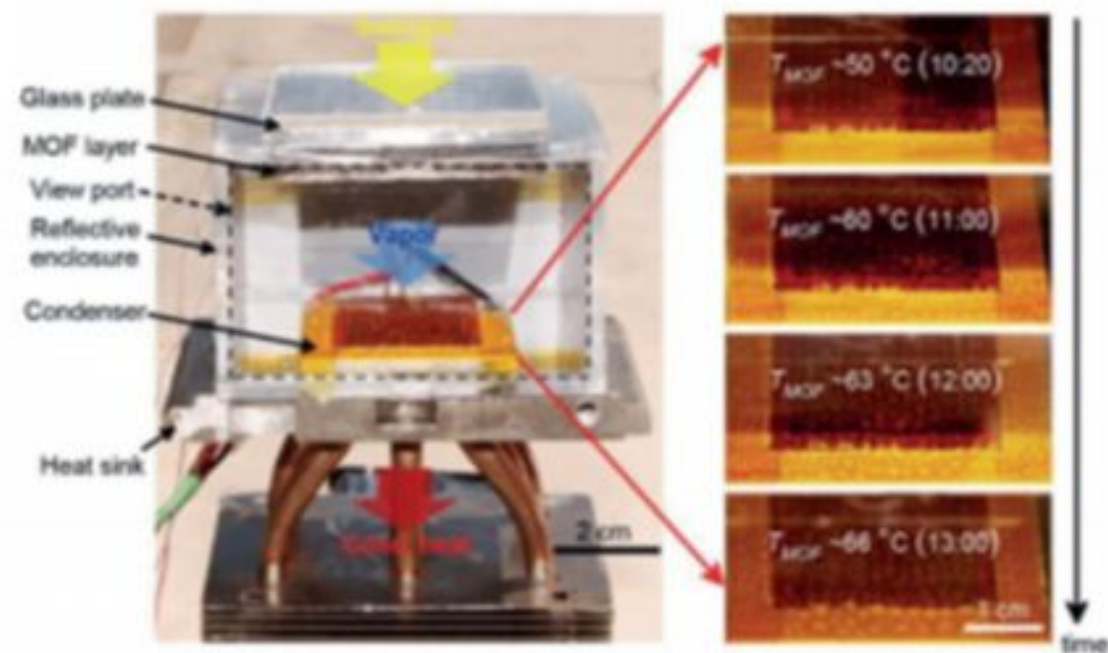
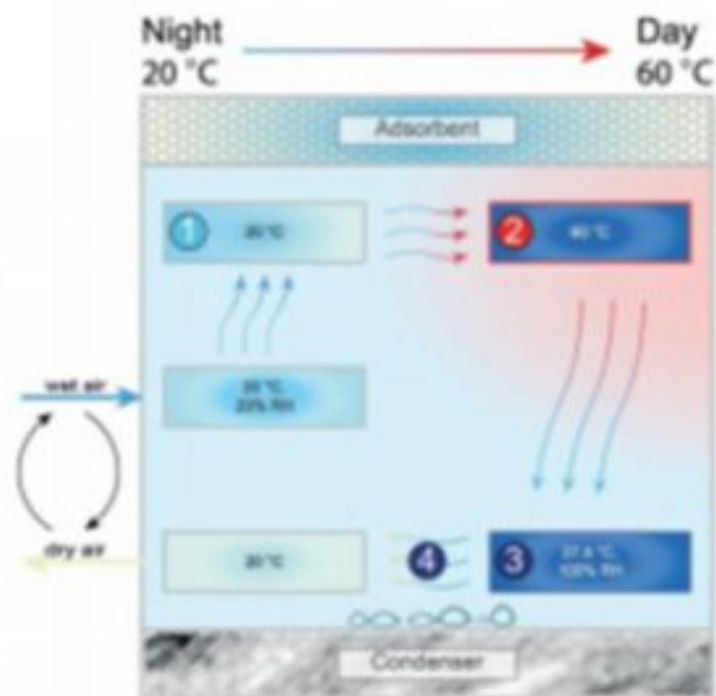
[O. M. Yaghi et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005, 44, 4670]

MOF-177 ZnO<sub>4</sub>(ВТВ)<sub>2</sub> ВТВ - 1, 3, 5-трибензоатбензол



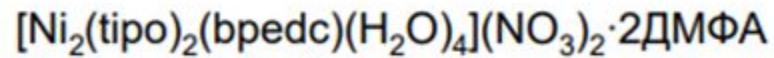


## Извлечение воды из воздуха в пустыне



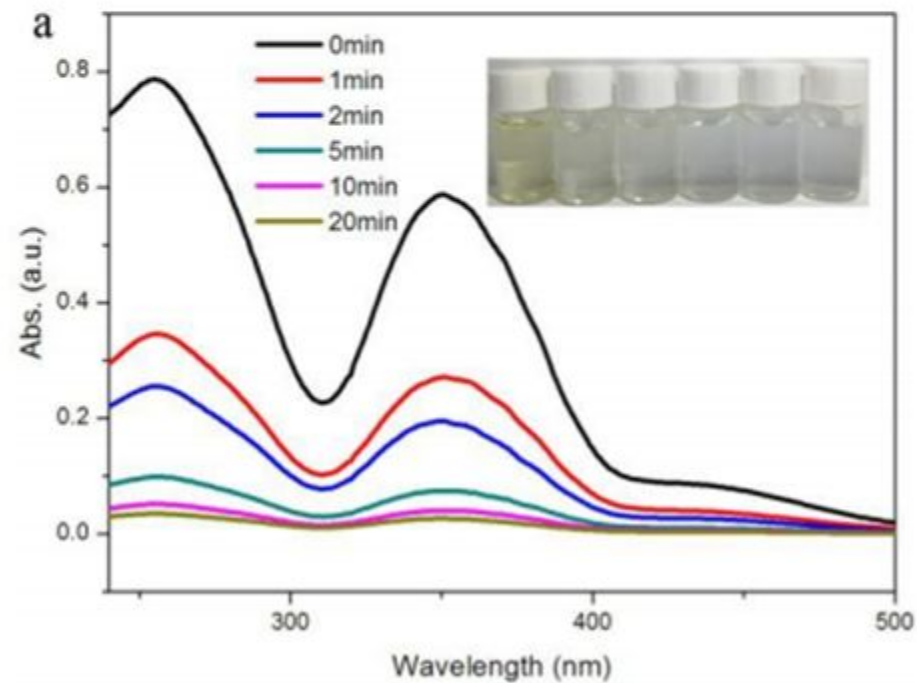
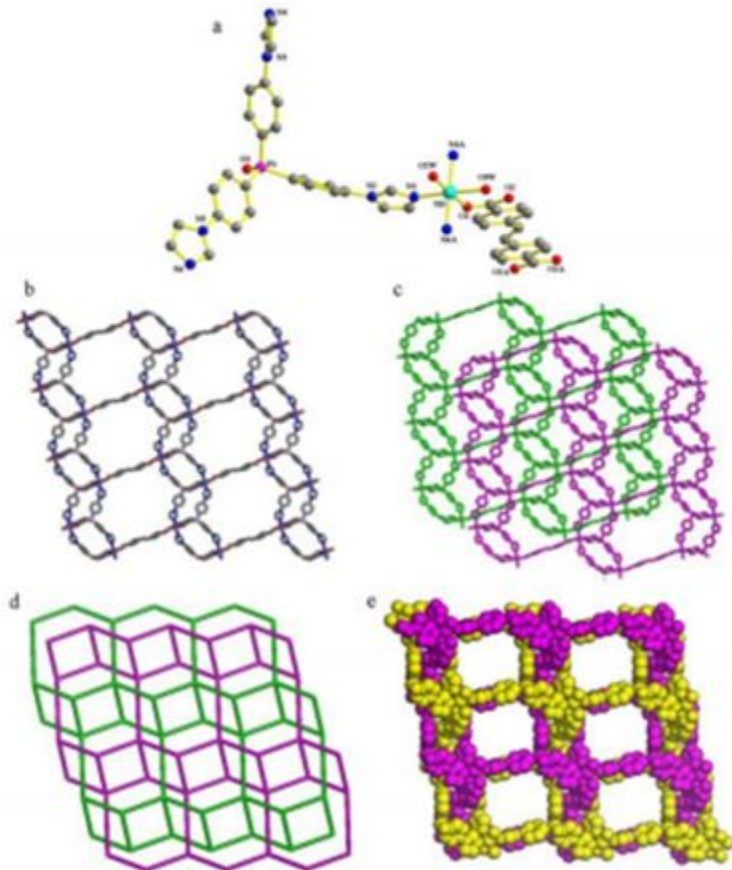
<https://www.youtube.com/watch?v=-6T3ICXWqjc> *Adv. Mater.* **2018**, *30*, 1704304  
<https://www.youtube.com/watch?v=dvwmZKqPgKQ>

# Сорбция ионов Дихромат анион

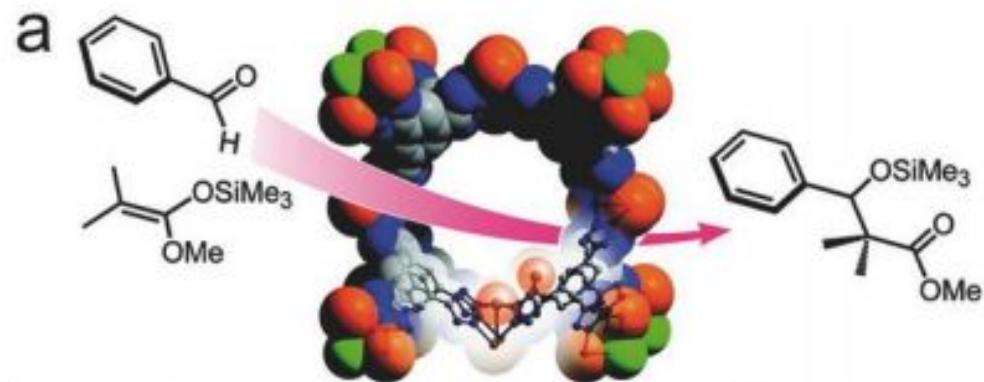


tiro = трис[4-(1H-имидазол-1-ил)фенил]фосфин оксид

H<sub>2</sub>bredc = 4,4'-этен-1,2-диилдибензоат

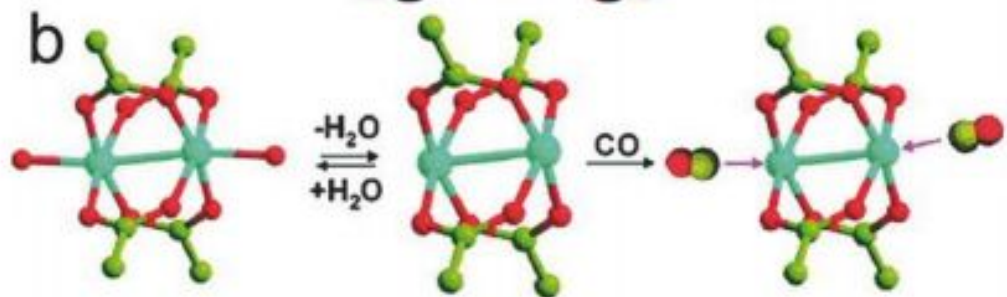


# Катализаторы



Органический синтез

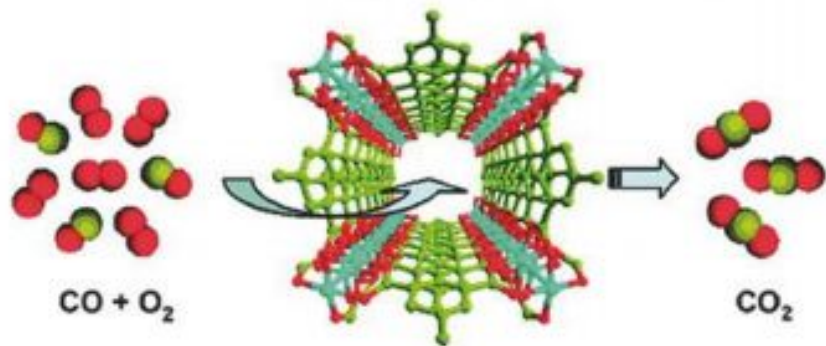
$\text{Mn}_3[(\text{Mn}_4\text{Cl})_3\text{BTT}_8(\text{CH}_3\text{OH})_{10}]_2$   
( $\text{H}_3\text{BTT}$  = 1,3,5-бензолтрис(тетразол-5-ил))  
S. Horike, M. Dinca, K. Tamaki, J. R. Long, *J. Am. Chem. Soc.* 2008, **130**, 5854



Окисление CO до CO<sub>2</sub>

Cu(mipt) (mipt = 5-метилизофталат)

R.-Q. Zou, H. Sakurai, S. Han, R.-Q. Zhong, Q. Xu, *J. Am. Chem. Soc.* 2007, **129**, 8402

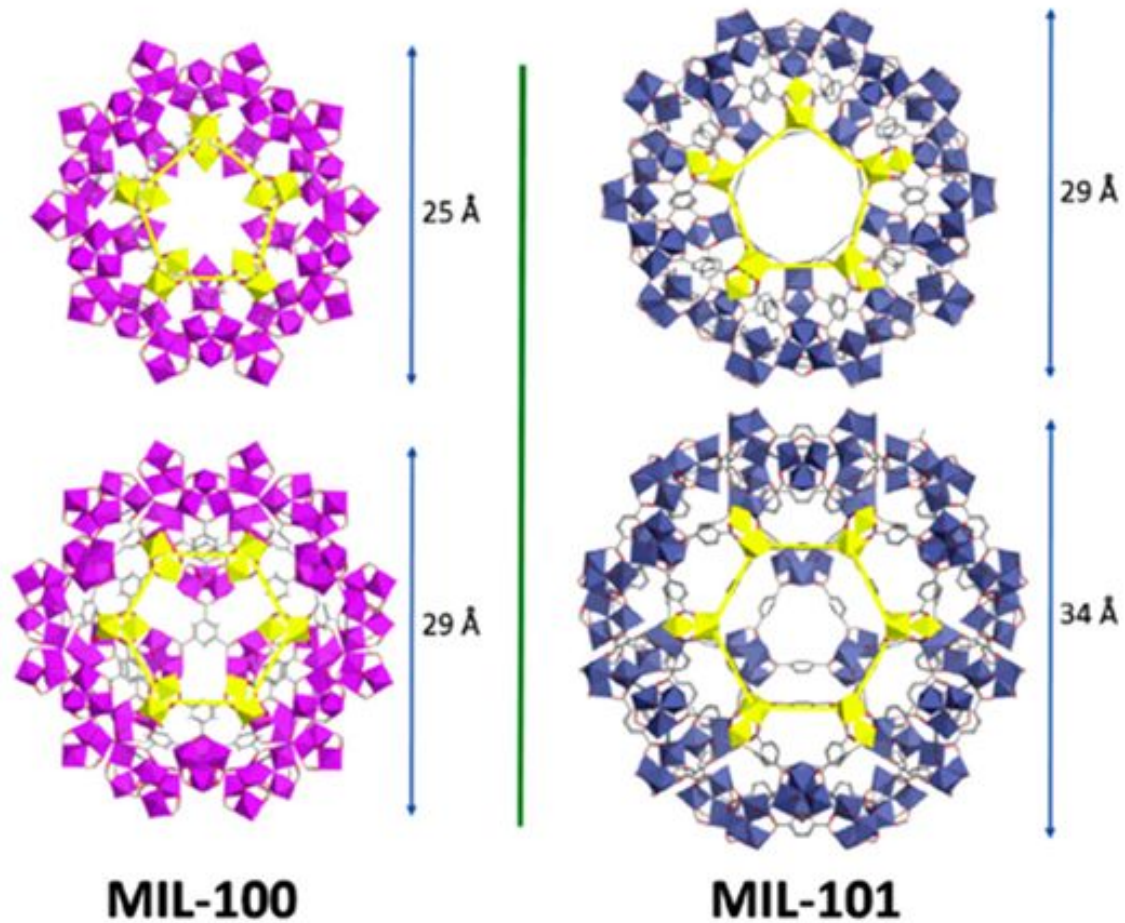


# Адресная доставка лекарств

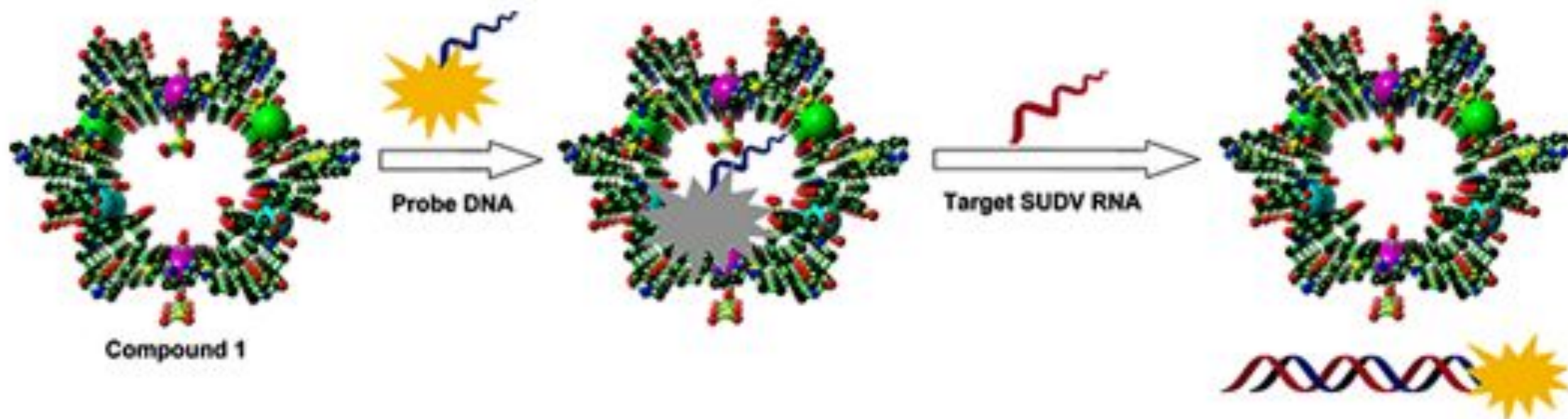
MOF-705: ионы Na, L-аспартам

MIL-100 (Fe) до 25% бисульфат

MIL 101 (Cr) 1,4 г ибупрофена на 1 г

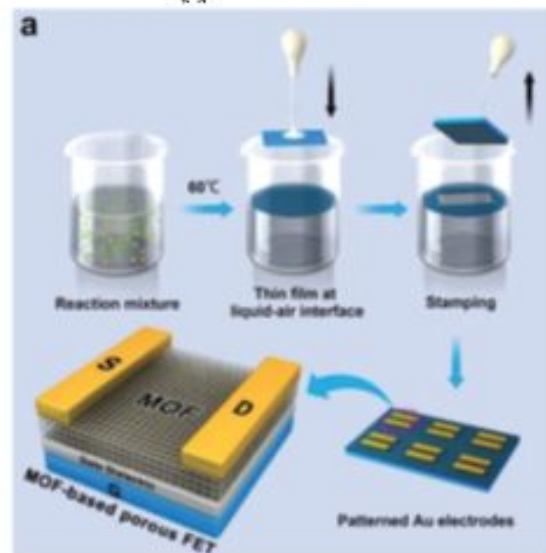
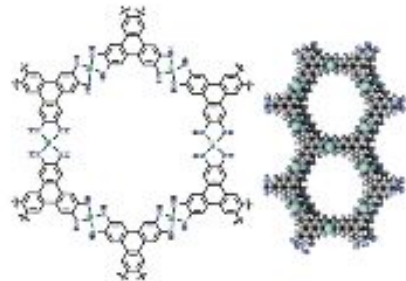


## Анализ на ДНК вируса

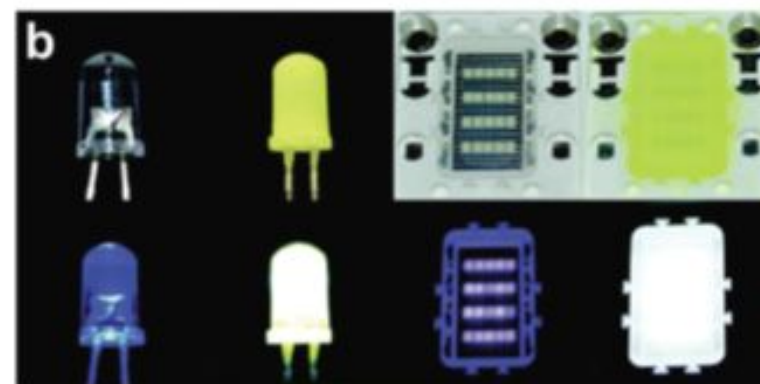
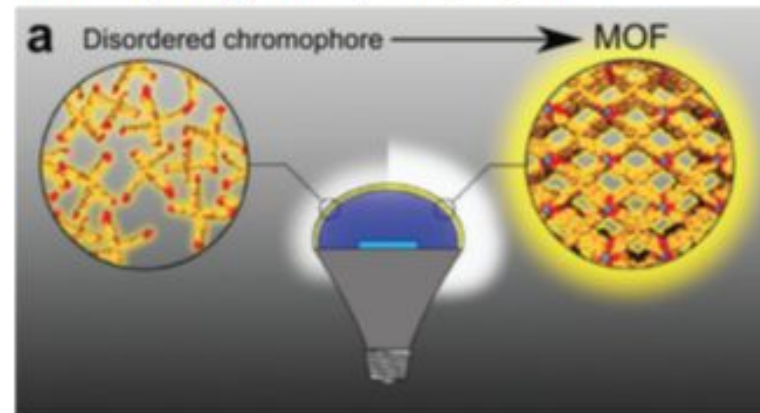


# Электрические устройства

$\text{Ni}_3(\text{HITP})_2$  (2,3,6,7,10,11-гексааминотрифенилен)  
Ширина запрещенной зоны 0.1 эВ  
Проводимость 40 См/см



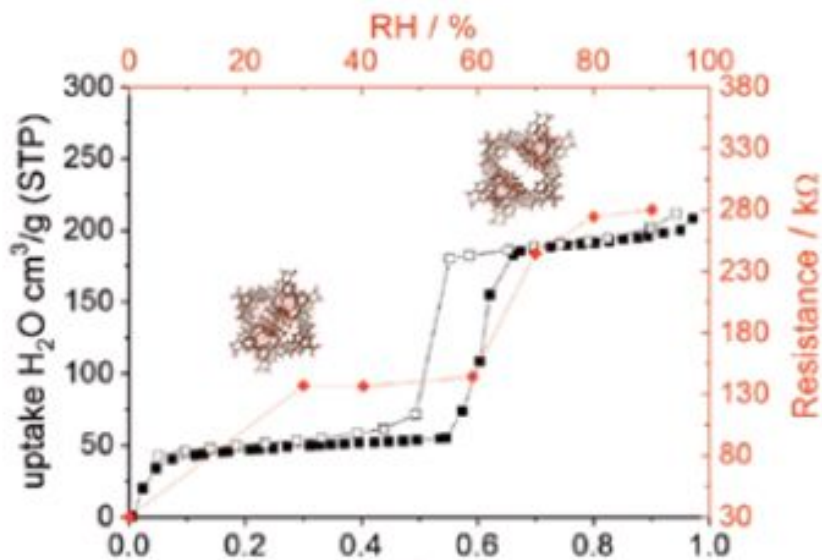
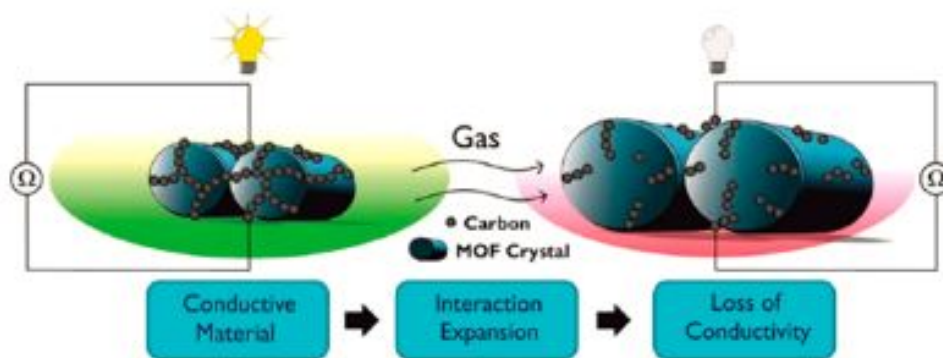
W. P. Lustig, F. Wang, S. J. Teat, Z. Hu, Q. Gong and J. Li, *Inorg. Chem.*, **2016**, 55, 7250



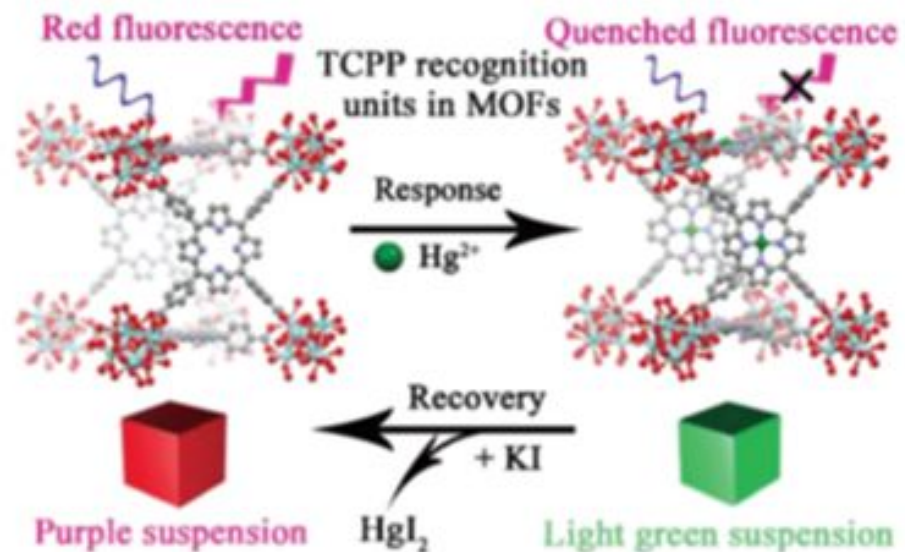
Z. Hu, G. Huang, W. P. Lustig, F. Wang, H. Wang, S. J. Teat, D. Banerjee, D. Zhang and J. Li, *Chem. Commun.*, 2015, 51, 3045

# Сенсоры

## Детектирование по потере электропроводимости



## Детектирование Hg<sup>2+</sup> по гашению люминесценции



[Zr<sub>6</sub>O<sub>4</sub>(OH)<sub>10</sub>(TCPP)<sub>1.5</sub>]·xSolv, PCN-224,  
(H<sub>4</sub>tcpp = тетракис(4-карбоксифенил)-порфирин)

J. Yang, Z. Wang, Y. Li, Q. Zhuang, W. Zhao and J. Gu,  
*RSC Adv.*, 2016, 6, 69807

# Сегнетоэлектрики

Перовскитные МОК  $[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2][\text{M}(\text{HOOC})_3]$

$\text{M} = \text{Zn}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}$

