



Учреждение БГУ  
«НИИ физико-химических проблем»



**АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ  
ОТ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГОЛЬНЫХ АДСОРБЕНТОВ**

**Иванец Марина Григорьевна**

Т.А. Савицкая, Н.Г. Цыганкова,  
С.Е. Макаревич, Д.Д. Гриншпан

Минск- 2012



# ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

---

## ПАВ



- бытовые моющие средства
- смягчители, разрыхлители, антистатика
- промышленная стирка и чистка поверхностей
- антикоррозионные добавки и пеногасители
- битумные эмульсии
- обязательные компоненты кремов, шампуней, кондиционеров для волос и др...





## ПАВ & ЧИСТАЯ ВОДА

### Содержание ПАВ, мг/дм<sup>3</sup>

Реальное	
Бытовые стоки	20-30
Промышленные стоки	50-2000



Разрешенное СанПиН	
Питьевая вода	0,5
Сброс сточных вод	1,0



# МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

---

- Разрушение окислителями
- Термическая деструкция
- Биохимическая очистка
- Пенная сепарация
- Обратный осмос
- Ультрафильтрация
- Ионный обмен
- Осаждение
- Флотация
- Магнитная обработка
- Коагуляция, электрокоагуляция
- **Адсорбция**





## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

---

- ❖ Определить закономерности **адсорбции ПАВ** на различных угольных сорбентах и установить **механизм адсорбции ПАВ** на АУ;
  - **Изотермы адсорбции**
  - **Структурный анализ АУ**
- ❖ Провести **адсорбционную очистку реальных сточных вод** от ПАВ с использованием угольных адсорбентов
  - **Углевание**



## ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ПАВ	Формула	ГЛБ
<b>Катионные ПАВ</b>		
цетилтриметиламмоний бромид ( <b>C<sub>16</sub>TAB</b> )	$C_{16}H_{33}(CH_3)_3N^+Br^-$	21
миристилтриметиламмоний бромид ( <b>C<sub>14</sub>TAB</b> )	$C_{14}H_{29}(CH_3)_3N^+Br^-$	24
додецилтриметиламмоний бромид ( <b>C<sub>12</sub>TAB</b> )	$C_{12}H_{25}(CH_3)_3N^+Br^-$	27
децилтриметиламмоний бромид ( <b>C<sub>10</sub>TAB</b> )	$C_{10}H_{23}(CH_3)_3N^+Br^-$	30
<b>Анионный ПАВ</b>		
додецилсульфат натрия ( <b>ДСН</b> )	$C_{12}H_{25}SO_4^-Na^+$	40
<b>Неионный ПАВ</b>		
Тритон X-100	$C_8H_{17}C_6H_4O(C_2H_4O)_{10}H$	14

+ образцы стоков парфюмерно-косметической фирмы «Модум»

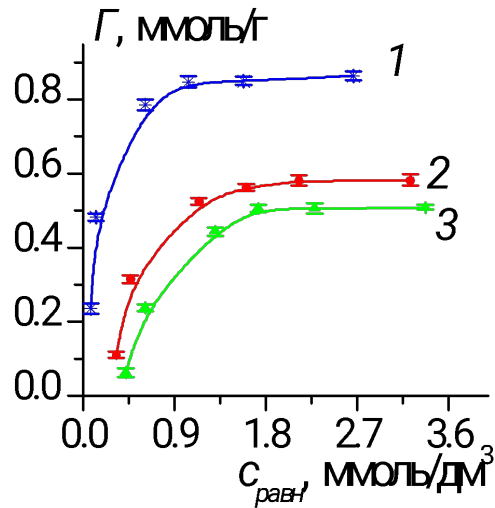


## ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

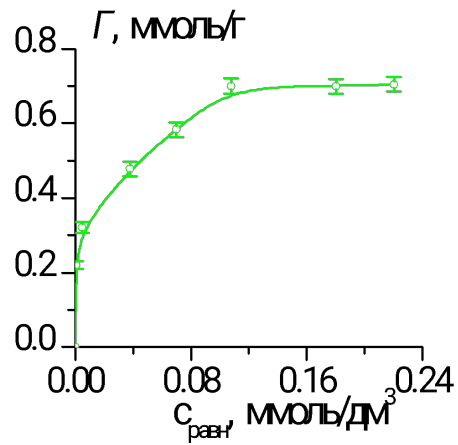
	ТН-90G	АУТ-МИ	ОУ-А
Исходное сырье	Минеральное сырье	Целлюлозное волокно	Древесина
Средний размер частиц, мкм	1-30	10-80	1-40
$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	810	920	750
$V_{общ}$ , см <sup>3</sup> /г	0,47	0,56	0,55
$V_{микро}$ , см <sup>3</sup> /г	0,22	0,38	0,24
$V_{мезо}$ , см <sup>3</sup> /г	0,25	0,18	0,31



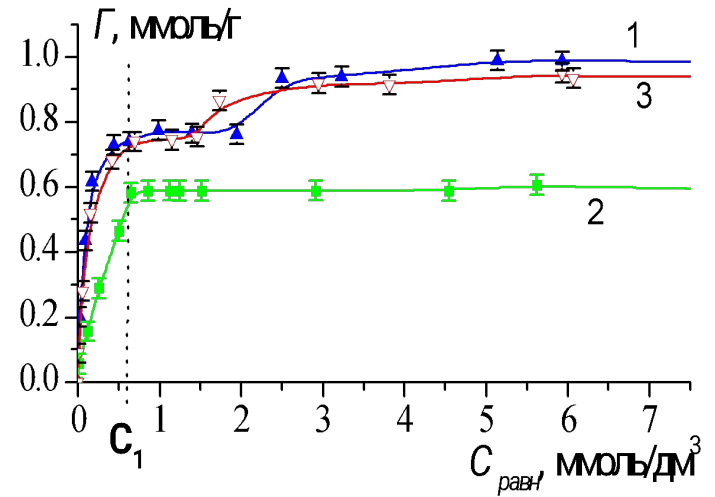
# ИЗОТЕРМЫ АДсорбЦИИ



КПАВ



НПАВ



АПАВ

1 – ТН-90G, 2 – АУТ-МИ, 3 – ОУ-А





# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

*Уравнение Ленгмюра*

$$\frac{C_{равн}}{\Gamma} = \frac{1}{K_L \cdot \Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \cdot C_{равн}$$

## Коэффициенты корреляции R<sup>2</sup>

	Катионные ПАВ				Анионный ПАВ
	C <sub>16</sub> ТАВ	C <sub>14</sub> ТАВ	C <sub>12</sub> ТАВ	C <sub>10</sub> ТАВ	ДСН (C <sub>12</sub> )
ТН-90G	0,9996	0,9998	0,9998	0,9991	0,9994
АУТ-МИ	0,9902	0,9957	0,9957	0,9916	0,9990
ОУ-А	0,9478	0,9577	0,9577	0,9350	0,9994



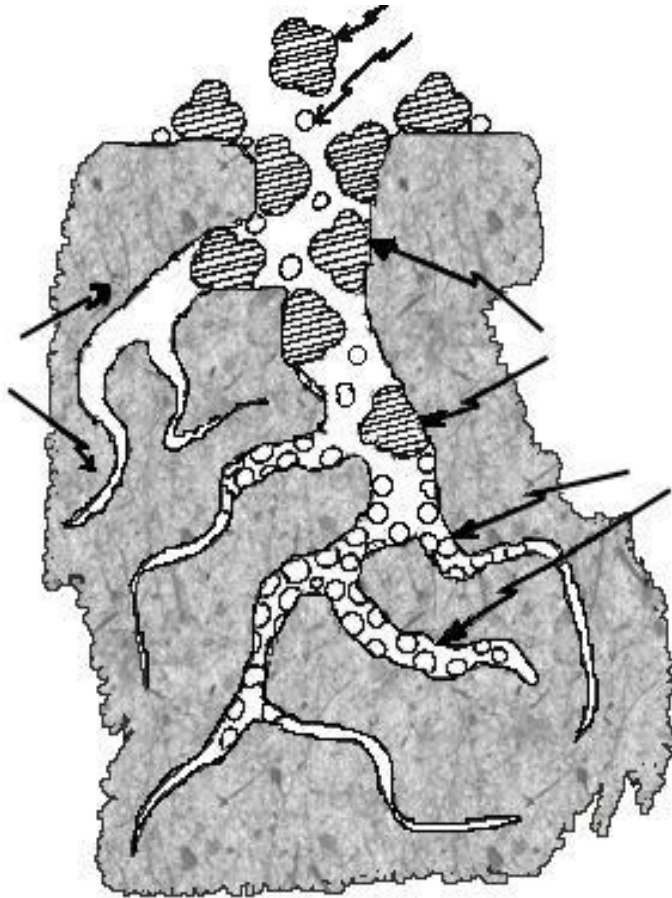
## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

	ПАВ	$\Gamma_{\infty}$ , ммоль/Г	$\Gamma_{экп}$ , ммоль/Г	$d\Gamma, \%$
<b>ТН-90G</b>	C <sub>16</sub> ТАВ	0,898	0,864	3,9
	C <sub>14</sub> ТАВ	0,850	0,819	3,8
	C <sub>12</sub> ТАВ	0,831	0,796	4,4
	ДСН	0,789	0,766	3,0
<b>АУТ-МИ</b>	C <sub>16</sub> ТАВ	0,672	0,584	15,1
	C <sub>14</sub> ТАВ	0,669	0,594	12,6
	C <sub>12</sub> ТАВ	0,657	0,609	7,9
	ДСН	0,602	0,589	2,2
<b>ОУ-А</b>	C <sub>16</sub> ТАВ	0,658	0,509	29,3
	C <sub>14</sub> ТАВ	0,628	0,455	38,0
	C <sub>12</sub> ТАВ	0,591	0,454	30,2
	ДСН	0,799	0,755	5,8
	Тритон X-100	0,665	0,705	6,0



# МЕХАНИЗМ АДСОРБЦИИ

---

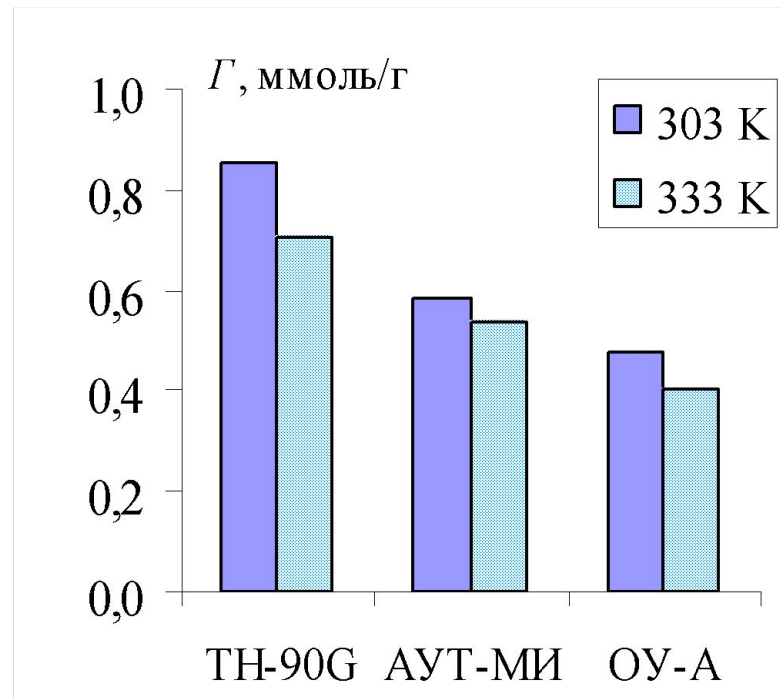


- ◆ **Пористая структура**  
(молекулярно-ситовый принцип)
- ◆ **Поверхностные функциональные группы**  
(хемосорбция, ионный обмен)



# МЕХАНИЗМ АДСОРБЦИИ

*Хемосорбция ?*

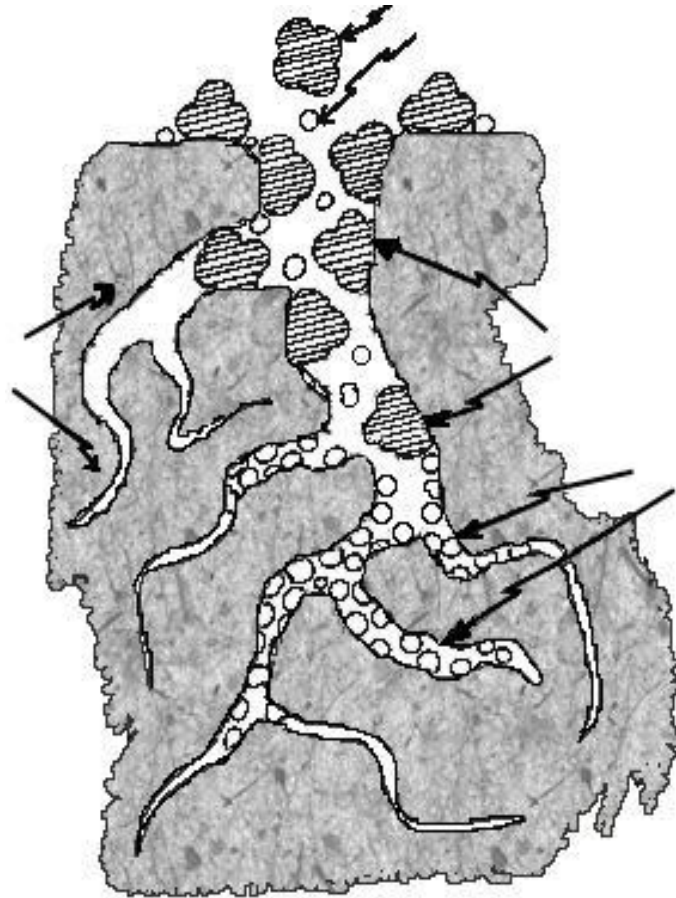


**КПАВ**



# МЕХАНИЗМ АДСОРБЦИИ

---



## Поэтапное заполнение пористой структуры

1. **Микропоры** – объемное заполнение
2. **Мезо- и макропоры** – адсорбция на плоской поверхности, дискретный монослой



## СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ АУ

Образец	$V_{\text{микро}}, \text{см}^3/\text{Г}$	$V_{\text{внешн}}, \text{см}^3/\text{Г}$	$V_{\text{общ}}, \text{см}^3/\text{Г}$	$S_{\text{ВЕТ}}, \text{м}^2/\text{Г}$	$S_{\text{микро}}, \text{м}^2/\text{Г}$	$S_{\text{внешн}}, \text{м}^2/\text{Г}$
ОУ-А	0,24	0,31	0,55	754	462	292
ОУ-А + 5 % ДСН	0,17	0,29	0,46	589	323	263
ОУ-А + 10 % ДСН	0,06	0,28	0,34	364	118	246
ОУ-А + 15 % ДСН	0,03	0,21	0,24	221	62	159

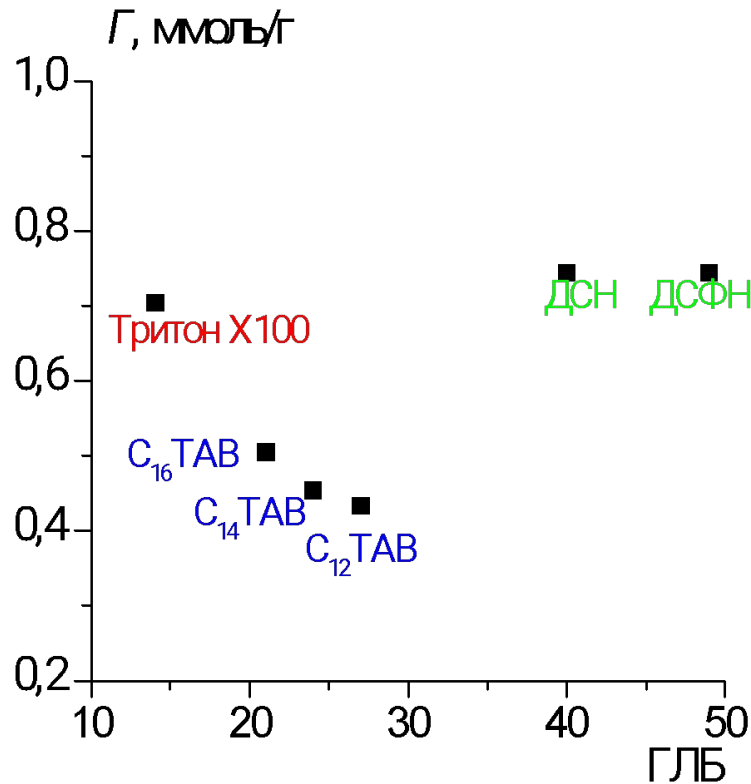


## ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Образец	w (ДСН), %	Температура удаления воды, K	Температура максимальной скорости разложения, K
ОУ-А	0	328	822
ОУ-А +адсорбированный ДСН	4.9	356	826
	18.4	363	824
	20.6	365	802
	24.0	367	788
Механическая смесь ОУ-А и ДСН	21.4	327	828
ДСН	100.0	369	—



# МЕХАНИЗМ АДСОРБЦИИ



Природа ПАВ

Гидрофильно-  
липофильный  
баланс (ГЛБ)





# ЭФФЕКТИВНОСТЬ УГОЛЬНЫХ АДСОРБЕНТОВ

---

- *исходное сырье*  
минеральные  
древесные  
из различного целлюлозосодержащего сырья
- *физическая форма:*  
порошковый,  
гранулированный,  
волокнистый
- *удельная поверхность*  
200-1000 м<sup>2</sup>/г;
- *тип пористой структуры:*  
микро-, мезо-  
макропоры
- *pH водной вытяжки/ионообменная емкость*



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УГОЛЬНЫХ АДСОРБЕНТОВ

	Характеристики АУ					$\Gamma_{ПAB}$ , ммоль/г	
	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_{общ}$ , см <sup>3</sup> /г	$V_{микро}$ , см <sup>3</sup> /г	$V_{мезо}$ , см <sup>3</sup> /г	рН	ДСН	СТАВ
ТН-90G	810	0,47	0,22	0,25	8,6	0,763	0,686
АУТ-МИ	920	0,56	0,38	0,18	9,7	0,589	0,616
ОУ-А	750	0,55	0,24	0,31	9,7	0,755	0,584



## ОЧИСТКА РЕАЛЬНЫХ СТОКОВ

Способ очистки	Фильтров. материалы	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	Цветность, градусы	Суммарное содержание АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>
Исходные воды	–	более 80	500	более 500
Безреагентная обработка	– фильтров. ткани	80	450	480
	– песок	70	420	450
	– гранулир. уголь	60	350	300
Коагуляционная очистка	– песок	7,8	161	54,5
	– фильтров. картон	3,9	80,2	42,3
Адсорбционно-коагуляционная очистка	– песок	2,5	30,4	5,5
	– бумажн. фильтр	1,1	15,7	1,0
	– фильтров. картон	0	0	1,0



## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

---

- ❖ Адсорбция различных по своей природе ПАВ осуществляется по механизму поэтапного заполнения пористой структуры АУ;
- ❖ Величина удельной адсорбции зависит от природы ПАВ и в ряду однотипных соединений растет по мере роста их гидрофобности;
- ❖ Для удаления ПАВ рекомендуется использовать метод углевания с использованием высокодисперсных АУ с развитой микро- и мезопористой структурой;
- ❖ Применение таких АУ совместно с методом коагуляции позволяет очищать сточные воды промышленных предприятий до норм ПДК на сточные воды для сброса их в городские канализационные системы.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

