

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ивановский государственный химико-технологический  
университет»  
Научный совет Российской Академии Наук по физической  
химии

**Всероссийская научная конференция**

# Актуальные проблемы адсорбции и катализа

**Сборник трудов**

Иваново  
2016

АДСОРБЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ СМЕСЕЙ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ФАЗ РАСТВОР- ТВЕРДОЕ ТЕЛО.....	139
<i>Е.А. Стрельцова, А.А. Мазурик</i>	
АДСОРБЦИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА ГЕОПОЛИМЕРАМИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ. ....	141
<i>Л.А. Новикова, Д.С. Богданов, Л.И. Бельчинская, Д. Колушек, Б. Дусова</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИРОДНОГО И АКТИВИРОВАННОГО МОНТМОРИЛЛОНИТА МЕТОДОМ ОБРАТИМОЙ ТЕРМОПРОГРАММИРОВАННОЙ АДСОРБЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА.....	144
<i>Л.А. Новикова, Л.И. Бельчинская, НА. Ходосова, Ф. Ресснер, О.В. Доржиева, СВ. Закусин, В.В. Крупская, А. Маркомини</i>	
СТРУКТУРА ФЕРРОМАГНИТНЫХ АДСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА И ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III).....	148
<i>М.А. Архилин, Е.А. Быкова, НИ. Богданович</i>	
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДСОРБЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТАХ.....	151
<i>Е. О. Богдан, А.К. Болвако</i>	
СОРБЦИЯ ПАРОВ ЖИДКОСТЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ НАНОКЛАСТЕРНЫМИ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТАМИ.....	153
<i>Е.В. Еремина, Л.В. Адамова, КВ. Гржегоржевский, А.А. Остроушко</i>	
АДСОРБЦИЯ ФЕЛОДИПИНА (ГИПОТЕНЗИВНОЕ ЛЕКАРСТВО) НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ГЕПТАН/ВОДА И НА ПОВЕРХНОСТИ МИЦЕЛЛ НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ.....	157
<i>Н.М. Задымова, Г.А. Аршакян, НИ. Иванова</i>	
ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩЕГО МОДИФИКАТОРА НА ПОГЛОЩЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ХИМИЧЕСКИМ ПОГЛОТИТЕЛЕМ.....	160
<i>А.С. Зотов, Е.А. Спиридонова, Е.Д. Хрылова, М.Л. Подвязников, В.В. Самонин</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИДРАРГИЛЛИТА И $\gamma$ - $Al_2O_3$ .....	160
<i>И.В. Козерожец, Е.А. Семенов, Г.П. Панасюк, Л.А. Азарова, В.Н. Белан, И.Л. Ворошилов, С.А. Першиков</i>	
КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ И АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО АЛМАЗА.....	162
<i>С.Н. Ланин, С.А. Рычкова, А.Е. Виноградов, М.Б. Вирясов, Е.В. Власенко, КС Ланина, Т.Д. Хохлова</i>	
СМЕШАННЫЕ АДСОРБЦИОННЫЕ СЛОИ ТВИН 80 И ГИДРОКСИПРОПИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ВОДНЫЙ РАСТВОР - ВОЗДУХ.....	164
<i>М.В. Потешнова, Н.М. Задымова</i>	
СОРБЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ УРАНА (VI) АМФОТЕРНЫМ ВОЛОКНИСТЫМ ИОНИТОМ ФИБАНАК-22В.....	166
<i>В.Ф. Сазонова, НА. Перлова, Т.С. Граненко, О.В. Перлова</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСОВ УДЕРЖИВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДЕ.....	173
<i>НА. Самченко, О.И. Самонина, И.А. Васильева, М.Л. Подвязников, В.В. Самонин</i>	
РАСТВОРИМОСТЬ МЕТАНА В ТВЕРДОМ ПАРАФИНЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 343К ДО ДАВЛЕНИЙ 40 МПа.....	173
<i>Н. А. Скибицкая, А.А. Прибылов</i>	
ОРГАНОКОМПЛЕКСЫ ТРИБРОМИД-ИОНА И МИЦЕЛЛЯРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПАВ В РЕАКЦИЯХ ПЕРЕНОСА АЦИЛЬНОЙ ГРУППЫ.....	174
<i>М.К. Туровская, В.А. Михайлов, Т.М. Прокопьева, Т.М. Зубарева, А.А. Котенко</i>	
DFT-МОДЕЛИРОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ФЕНИЛАЦЕТИЛЕНА И СТИРОЛА НА НАНОЧАСТИЦАХ ПАЛЛАДИЯ.....	177
<i>Р. С. Шамсиев, Ф. О. Данилов</i>	

Таким образом, в ходе работы была показана принципиальная возможность гетерогенизации поверхности МОЖ (магнетит, маггемит) хелатирующими лигандами на основе фосфорорганических комплексов, а также возможность их дальнейшего применения с целью извлечения катионов металлов из жидких сред. Сорбционная эффективность ФК-модифицированных оксидов железа определяется строением и комплексообразующими свойствами ФК в растворе. Чем больше число свободных функциональных групп ФК на поверхности МОЖ и чем выше устойчивость комплексоната металла в растворе, тем выше степень извлечения ионов металла из раствора модифицированными сорбентами.

#### *Литература*

1. Nowack B., Stone A.T. The Influence of Metal Ions on the Adsorption of Phosphonates onto Goethite // Environ. Sci. Technol. 1999. Vol. 3. P. 3627-3633.
2. Кропачева Т.Н., Антонова А.С., Рабинович Ю.В., Корнев В.И. Комплексоны как реагенты для демеетализации загрязненных седиментов // Журнал прикладной химии. 2014. Т.87. Вып. 10. С. 1421-1428.
3. Антонова А.С., Кропачева Т.Н., Колида Ю.Я., Корнев В.И. Применение модифицированных фосфоновок комплексонов магнитных оксидов железа для сорбции катионов тяжелых металлов// Сорбционные и хроматографические процессы. 2015. Т. 15. Вып. 6. С. 280-289.

### **АДСОРБЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ СМЕСЕЙ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ФАЗ РАСТВОР - ТВЕРДОЕ ТЕЛО**

*Е.А. Стрельцова, А.А. Мазурик*

*Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, г. Одесса, Украина*

Адсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ) на твердых адсорбентах имеет практическое и теоретическое значение [1,2]. Это обусловлено тем, что в водных растворах ПАВ ведут себя совсем иначе, чем большинство растворимых в воде веществ. Во-первых, в результате адсорбции ПАВ свойства границы раздела фаз изменяются при более низких концентрациях по сравнению с другими веществами, не проявляющими поверхностную активность. Во-вторых, вследствие кооперативной самоассоциации в разбавленном водном растворе в узком интервале концентраций происходит агрегация ПАВ с образованием мицелл, способных модифицировать твердые поверхности [3].

В данном сообщении представлены результаты систематического изучения адсорбции анионного (АПАВ), катионного ПАВ (КПАВ) и неионогенных ПАВ (НПАВ) на низкоэнергетической поверхности парафина из водных растворов.

Объектами исследования служили: АПАВ - додецилсульфат натрия (ДДСН), КПАВ - хлорид додециламмония (ХДДА) и НПАВ - Твины со средним числом оксиэтильных групп 20 - Твин-40 (оксиэтильный монопальмитат сорбитана), Твин-60 (оксиэтильный моностеарат сорбитана) и Твин-80 (оксиэтильный моноолеат сорбитана). В качестве адсорбента использовали 1 % водную суспензию парафина.

Для описания процесса адсорбции и взаимодействия ДДСН, ХДДА и Твинов на поверхности парафина была проведена оценка применимости различных уравнений адсорбции (уравнения Темкина, Фрейндлиха, Лэнгмюра, Хилла-де Бура, а также уравнения Гильдебранда, полученного в рамках решеточной модели), к описанию экспериментальных изотерм адсорбции [4, 5].

Установлено, что уравнение изотермы Лэнгмюра практически полностью описывает экспериментально полученные изотермы адсорбции ДДСН, ХДДА и Твинов поверхностью парафина. Остальные уравнения изотерм адсорбции позволяют определить область концентраций, которые являются наиболее информативными для получения основных параметров процесса адсорбции, установления его механизма и предположения о возможном

строении адсорбционных слоев, формирующихся в изученных системах. В области небольших концентраций как ионогенные (ДДСН, ХДДА), так и неионогенные (Твины) адсорбируются на поверхности парафина в виде индивидуальных ионов и молекул, углеводородные радикалы которых ориентированы под некоторым углом к поверхности. Адсорбция ДДСН, ХДДА и Твинов на низкоэнергетической твердой поверхности парафина обусловлена действием дисперсионных сил, о чем свидетельствуют значения параметров уравнения Темкина ( $a = 2,2$  и не зависит от природы ПАВ), Фрейндлиха (для ДДСН и ХДДА  $n > 1$ ). По мере заполнения адсорбционного слоя (где  $0 \rightarrow 1$ ) существенную роль начинают играть гидрофобные взаимодействия между углеводородными радикалами молекул ПАВ, адсорбированных на твердой поверхности и находящихся в объеме раствора. Эти взаимодействия приводят к образованию ассоциатов ПАВ на твердой поверхности (уравнение Лэнгмюра  $K = (2,0 - 21,3) \cdot 10^6$  моль/г, уравнение Хилла-де Бура ( $K_2 = 4,5 - 13,7$ )).

Исследования показали, что адсорбция Твинов, ХДДА и ДДСН из бинарных растворов превышает их адсорбцию из индивидуальных растворов при одинаковых равновесных концентрациях. Другими словами, наблюдается эффект синергизма при образовании смешанного адсорбционного слоя на твердой поверхности парафина во всем исследуемом интервале соотношений ПАВ.

Для количественного анализа состава адсорбционного слоя и характеристик в смешанных системах ПАВ использовали известный подход Рубина-Розена, в котором смешанный адсорбционный слой рассматривается как регулярный раствор одного ПАВ в другом, а взаимодействие молекул ПАВ характеризуется безразмерным параметром  $fF$ . Расчет проводили по уравнениям [6]:

$$\ln \frac{n-C}{n-C_1} = \frac{fF}{C_1} \left( \frac{C}{1-C} - \frac{C_1}{1-C_1} \right) \quad (1)$$

$$\ln \frac{1-p}{1-p_1} = \frac{fF}{C_1} \left( \frac{p}{1-p} - \frac{p_1}{1-p_1} \right) \quad (2)$$

где  $p$  и  $p_1$  - мольная доля Твина в объеме раствора и в адсорбционном слое на поверхности парафина соответственно;  $fF$  - параметр взаимодействия между адсорбированными молекулами;  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_n$  - значения концентраций, определенные по экспериментальным изотермам адсорбции ПАВ из их индивидуальных и смешанных растворов соответственно.

Результаты расчетов представлены в таблице и свидетельствуют о сильном взаимном притяжении молекул Твинов и ионов ДДСН в смешанном адсорбционном слое (значения параметра взаимодействия ( $fF$ ) - отрицательные). Смешанный адсорбционный слой на границе раствор - парафин обогащен молекулами Твинов уже при небольшом его содержании в смешанном растворе ( $p = 0,2$ ), значения  $y^*$  с использованием модели Рубина-Розена хорошо согласуются с экспериментально полученными значениями  $x$  только в области мольных долей Твина  $0,2 - 0,5$ .

Анализ полученных данных позволил предположить механизмы образования смешанных адсорбционных слоев на границе раздела фаз раствор - парафин для систем ионогенное ПАВ - Твин, а проведенная термодинамическая оценка адсорбции исследуемых ПАВ на поверхности парафина позволяет его рекомендовать для использования в качестве адсорбента и флотационного носителя анионных, катионных и неионогенных ПАВ из индивидуальных и бинарных водных растворов.

Таблица

Состав смешанных адсорбционных слоев и параметры взаимодействия между молекулами ПАВ на поверхности парафина, рассчитанные согласно подходу Рубина - Розена ( $A = 1,9-10$  моль/г)

Смесь	п (Твина)	$X^T$	$-P^T$
Твин-20 - ДДСН	0,2	0,68	8,3
	0,5	0,89	13,5
	0,8	-	-
Твин-40 - ДДСН	0,2	0,65	7,7
	0,5	0,88	12,9
	0,8	-	-
Твин-60 - ДДСН	0,2	0,61	12
	0,5	0,87	13,3
	0,8	-	-
Твин-80 - ДДСН	0,2	0,6	14,2
	0,5	0,85	15,6
	0,8	-	-

#### Литература

1. Парфит Г., Рочестер К. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел. - М.: Мир, 1986. - 488 с.
2. Стрельцова Е.А., Мазурик А.А. Взаимное влияние Твинов и хлорида додецилпиридиния при их совместной адсорбции на поверхности парафина /У Журн. физ. химии. - 2015. - Т. 89. № 5. - С. 849- 854.
3. Костенко А.В., Соболева О.А. Адсорбционное модифицирование гидрофобной твердой поверхности растворами смесей поверхностно-активных веществ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. - 2008. - Т. 49, № 5. - С. 313. - 318.
4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы): учебник для вузов. - М.: Химия, 1982. - 400 с.
5. Kutarov V.V., Kats B.M. Using of the lattice model for description of isotherms of organic substances adsorption from water solutions // Adsorption Science & Technology. - 2001 - Vol. 19, N 4. - P. 273-278.
6. *Rosen M.J.* Phenomena in Mixed Surfactant Systems / Ed. by J.F. Scamehorn. Washington: Am. Chem. Soc., 1986. - 349 p.

#### АДСОРБЦИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА ГЕОПОЛИМЕРАМИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Л.А. Новикова<sup>1</sup>, Д.С. Богданов<sup>1</sup>, Л.И. Бельчинская<sup>1</sup>, Д. Колушек<sup>2</sup>, Б. Дусова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф.

Морозова», г. Воронеж;

<sup>2</sup>University of Chemistry and Technology in Prague, Prague, Czech Republic

Геополимеры представляют собой новое семейство синтетических алюмосиликатных материалов, получаемых при щелочной активации различного алюмосиликатного сырья (зола уноса, природные глины, цеолиты, полевые шпаты и др.). Эти экологически чистые материалы составляют серьезную конкуренцию строительным материалам на основе портланд-цемента, т.к. при их производстве отсутствуют выбросы CO<sub>2</sub>, затраты минимальны, а прочностные показатели превышают таковые для других материалов [1,2].

Структура геополимеров представлена цепочками чередующихся атомов кремния и алюминия, которые, согласно Дж. Давидовичу [3] разделяются на полисилаты (-Si-O-Al-O), поли(силаты-силоксано) (-Si-O-Al-O-Si-O-) и поли(силаты-дисилоксано) (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-).