

## КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА 3-АМИНОПРОПИЛСОДЕРЖАЩИХ КСЕРОГЕЛЕЙ

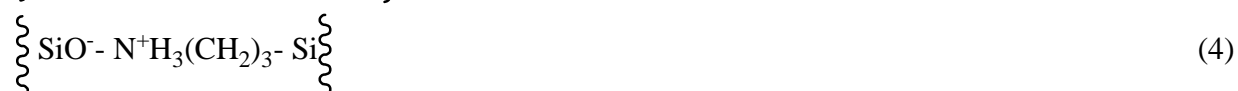
**В.П. Гончарик, Л.И. Кожара, Ю.Л. Зуб**

*Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко Национальной академии наук Украины  
ул. Генерала Наумова 17, 03164 Киев 164*

*Методом рН-метрического титрования хлористоводородной кислотой исследованы кислотно-основные свойства 3-аминопропилсодержащих мезопористых ксерогелей, полученных золь-гель методом. Показано, что кислотно-основное равновесие устанавливается в течение 7 – 10 суток. С использованием электростатической модели и модели химических реакций рассчитаны константы протонирования поверхностных аминопропильных групп ( $\lg K_{\text{прот}}$ ) и константы гомосопряжения ( $\lg K_{\text{гом}}$ ). Показано, что  $\lg K_{\text{прот}}$  увеличивается с ростом концентрации поверхностных аминогрупп, что обусловлено снижением концентрации силанольных групп и уменьшением их влияния на основность аминогрупп.  $\lg K_{\text{гом}}$  практически не зависит от концентрации функциональных аминогрупп для образцов с монофункциональным поверхностным слоем.*

### Введение

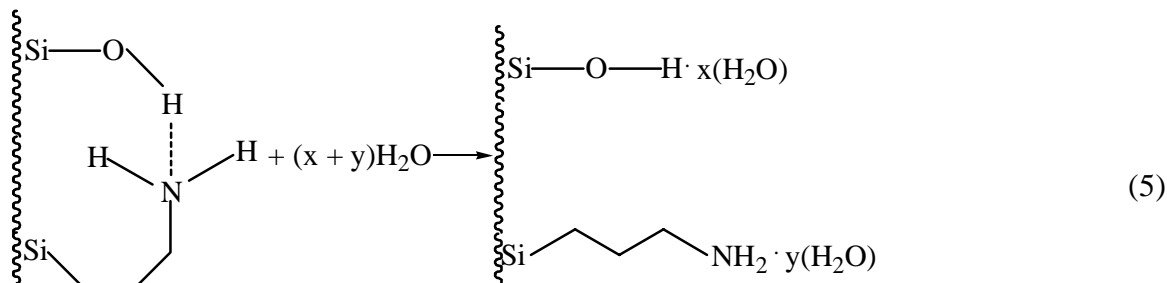
Кислотно-основные свойства химически модифицированных 3-аминопропильными группами кремнезёмов изучались широким кругом исследователей [1-10]. Изучались кремнезёмы различной природы и пористости, в частности, непористые аминоаэросилы [1], пористые МСМ материалы (МСМ-41, МСМ-48 и SBA-15) с диаметром пор  $d = 4...7$  нм [3], силикагели с  $d = 5...15$  нм [1, 2] и силохромы с  $d = 50...100$  нм [1]. Модифицирование этих кремнезёмов проводилось путем взаимодействия 3-аминопропилтриэтоксисилана с силанольными группами поверхности кремнезёмов в толуоле. Полагают, что на поверхности кремнезёмов 3-аминопропильные группы существуют в нескольких формах. Одна из них – т. н. «свободные» аминогруппы, которые отдалены от поверхности кремнезёма на длину пропильного радикала (схема 1). Вторая форма – это аминогруппы, связанные двумя типами водородных связей с соседними силанольными группами кремнезёмной матрицы (схемы 2 и 3), или, после переноса протона, ионными связями (схема 4).



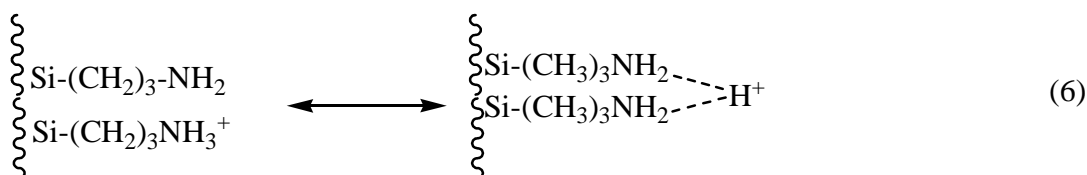
Следовательно, константа кислотно-основного равновесия описывает совокупный вклад в протонирование аминогрупп и диссоциированных силанольных групп.

Авторы [1] считают, что при температуре 20 °С в статических условиях для исследованных материалов, в том числе и для непористых, достичь равновесного состо-

яния даже за 2-е суток невозможно. Его можно достичь только путем прогревания систем в течение 2-х суток при 40 °С. Полагают, что нагревание системы благоприятствует более полной гидратации поверхностных групп, разрыхляет структуру привитого функционального слоя, возможно, приводит к разрыву водородных связей и частичному переходу от арочной структуры слоя к щеточной (см. схему 5).



Исходя из модели химических реакций, которая учитывает, что, кроме процесса протонирования аминогрупп, имеет место и их гомосопряжение (схема б), в [1] рассчитали константы этих процессов ( $K_{\text{прот}}$  и  $K_{\text{гом}}$ ). Установлено, что пористость химически модифицированных кремнезёмов не оказывает существенного влияния на их кислотно-основные свойства [1], а значения констант возрастают с увеличением концентрации аминогрупп на поверхности кремнезёмов до 4 мкмоль/м<sup>2</sup> [1, 7].



Целью нашего исследования было изучение кислотно-основных свойств 3-аминопропилсодержащих ксерогелей. В отличие от описанных в литературе [1, 4 – 10] аминокремнезёмов, в полученных нами образцах функциональный 3-аминопропилный слой формировался в процессе их синтеза. Синтез таких ксерогелей осуществлялся золь-гель методом путем совместной гидролитической поликонденсации тетраэтоксисилана (ТЭОС) и 3-аминопропилтриэтоксисилана (АПТЭС) при их различных соотношениях (2:1; 8:1 и 12:1) [11] с целью получения образцов с различным содержанием аминогрупп.

### Результаты и их обсуждение

В табл. 1 приведены структурно-адсорбционные характеристики синтезированных ксерогелей (АПК) и содержание в них функциональных групп. Последнее определялось путем обратного титрования образцов раствором соляной кислоты (0,1 М) после установления равновесия в течение 3 суток.

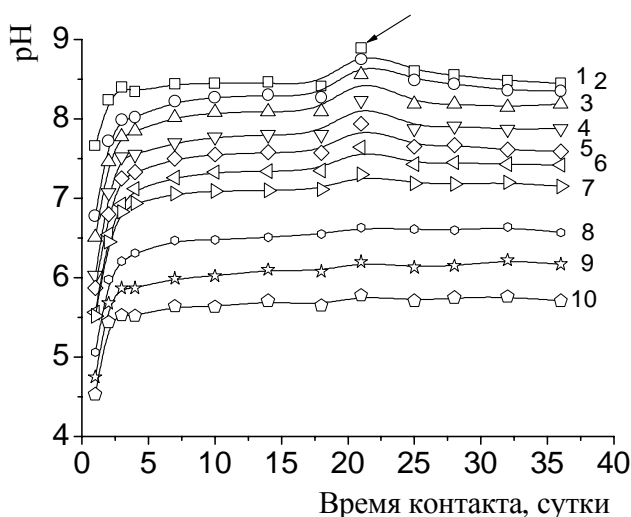
**Таблица 1.** Структурно-адсорбционные характеристики аминоксодержащих ксерогелей

Образец	Содержание аминогрупп		Расстояние между аминогруппами, Å	$S_{\text{уд}}$ , м <sup>2</sup> /г	$V$ , см <sup>3</sup> /г	$d$ , нм
	ммоль/г	мкмоль/м <sup>2</sup>				
АПК(2:1)*	3,48	15,8	3,2	219	0,61	11,2
АПК(8:1)	1,27	4,2	6,3	304	1,45	22,4
АПК(12:1)	0,88	2,3	8,6	388	1,33	15,0

\*в скобках указано соотношение взятых для синтеза силанов (ТЭОС : АПТЭС).

Кислотно-основные свойства аминоксорогелей исследовали методом рН-метрического титрования образцов 0,1 М раствором хлористоводородной кислоты при ионной силе 0,1 М (NaClO<sub>4</sub>). Для этого навески сорбента (фракция 0,063 – 0,14 мм) массой 0,1 г заливали 20 см<sup>3</sup> кислоты различной концентрации, что соответствовало степени оттитрованности аминогрупп в пределах 0,15 – 0,85. Через определенное время (от 1 до 18 суток) измеряли рН суспензии. Потом суспензию выдерживали на протяжении 2,5 суток в сушильном шкафу при 40 °С, а после охлаждения (в течение 3 ч до 20 °С) вновь измеряли рН через определенное время (в течение 15 суток). В холостом опыте, то есть в отсутствие кислоты, в течение всего времени исследования значение рН водной суспензии аминокремнезема не изменялось в пределах ошибки его измерения.

Установлено, что в основном процесс протонирования аминогрупп в аминоксорогелях завершается не менее чем через 3 суток (рис. 1). Однако и после этого рН суспензий со временем медленно возрастало, и только через 10 суток стабилизировалось. Последующее прогревание суспензий в течение 2,5 суток при 40 °С и охлаждение в течение 3 ч при температуре 20 °С приводило к некоторому повышению рН суспензий. Со временем рН суспензии снижалось и стабилизировалось практически на таком же уровне, какое было до прогревания (рис. 1).



**Рис. 1.** Изменение рН суспензии во времени при различной степени оттитрованности аминогрупп: 0,14(1); 0,26(2); 0,37(3); 0,49(4); 0,55(5); 0,60(6); 0,66(7); 0,75(8); 0,81(9); 0,86(10) – до и после прогревания суспензий; стрелкой указано рН суспензий через 3 ч после охлаждения.

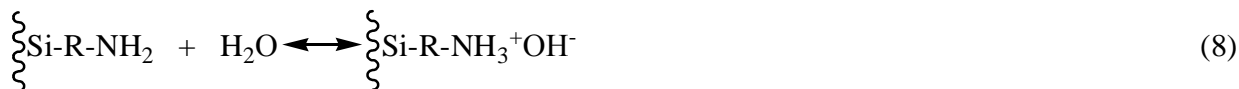
Повышение рН суспензий после прогревания, очевидно, связано с достижением стационарного равновесного состояния и увеличением константы протонирования с повышением температуры (хотя по литературным данным [12], во всяком случае, в растворах, она должна падать). Очевидно, после достаточно быстрого охлаждения до 20 °С установление равновесия, характерного для этой температуры, тормозится диффузионными процессами в мезопорах. При этом замедляется как процесс проникновения протонов в мезопоры, так и выход протонов из мезопор после смещения равновесия в сторону депротонирования вследствие охлаждения суспензии.

По результатам рН-титрования аминоксорогелей с различным содержанием функциональных групп (после 7-суточного контакта ксорогелей с раствором) нами рассчитаны их концентрационные константы протонирования согласно электростатической модели (по уравнению 7).

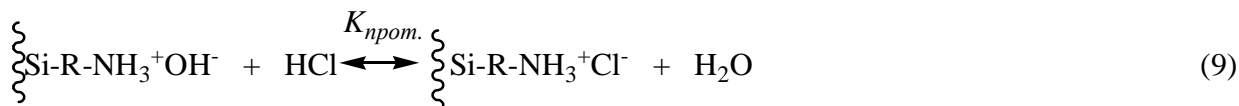
$$\lg K_{\text{прот}} = \text{pH} + \lg\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right), \quad (7)$$

где:  $\alpha$  – степень оттитрованности.

Результаты расчетов, представленные на рис. 2, свидетельствуют о том, что  $lgK_{прот}$  при степени оттитрованности  $< 0,5$  и  $pH > 7,5$  практически не зависит от величины  $\alpha$ , как это имеет место в растворах. Отсутствие монотонного снижения  $lgK_{прот}$  с увеличением  $\alpha$  дало авторам [1] основание заявить, что для описания подобных систем электростатическая модель не пригодна. Мы полагаем, что отсутствие упомянутой зависимости  $lgK_{прот}$  от  $\alpha$  при  $\alpha < 0,5$  и  $pH > 7,5$  не противоречит электростатической модели. Следует отметить, что частично протонирование аминогрупп происходит уже на этапе смешивания навески аминоксерогеля с водой согласно уравнению (8).

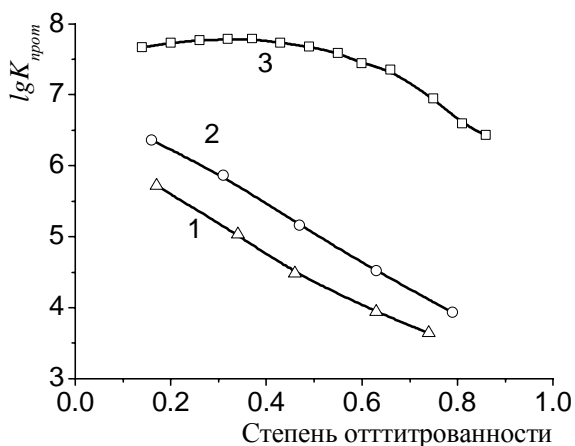


Вследствие такого взаимодействия водные суспензии аминоксерогелей с высоким содержанием аминогрупп имеют щелочную реакцию. В частности, pH водной суспензии образца АПК(2:1) составляет 9,1. В начальной стадии pH-метрического титрования суспензии аминоксерогеля хлористоводородной кислотой (уравнение 9), по результатам которого были рассчитаны  $lgK_{прот}$ , изменение заряда поверхности не происходит.



Поэтому для образцов с высоким содержанием аминогрупп при низких  $\alpha$   $lgK_{прот}$  не зависит от  $\alpha$ . Мы оценили  $lgK_{прот}$  по ур. (7) при  $\alpha < 0,5$  и  $pH > 7$  для аминоксерогеля АПК (2:1), который составляет:

$$lgK_{прот} = (7,65+7,73+7,77+7,78+7,79+7,73+7,68) = 7,73 \pm 0,06 \quad (10)$$



**Рис. 2.** Условные константы протонирования аминоксерогелей с различным содержанием аминогрупп (1 – 0,88 (2,3); 2 – 1,27 (4,2); 3 – 3,45 (15,8)) моль/г (мкмоль/м<sup>2</sup>), рассчитанные по уравнению (7).

Для аминоксерогелей с низким содержанием аминогрупп, как и для аминокремнеземов с их высоким содержанием, при  $\alpha > 0,5$  и  $pH < 7,5$  наблюдается монотонное уменьшение  $lgK_{прот}$ . Это согласуется с требованиями электростатической модели, поскольку в области  $pH < 7,5$  протонирование аминогрупп на поверхности аминокремнеземов протекает, очевидно, по уравнению (11) с накоплением положительного заряда на поверхности.



Для расчета параметров кислотно-основного равновесия на поверхности аминоксерогелей мы использовали также предложенную Холиным [10] модель химических реакций. В этой модели полагают, что  $K_{прот.}$  не зависит от  $\alpha$ , и предполагают, что кроме

реакций протонирования, могут протекать другие реакции, не характерные для растворов, в данном случае реакция гомосопряжения (6). С учетом уравнений материального баланса для ионов водорода и поверхностных аминогрупп, а также того, что  $[H^+]$  в нашем случае на несколько порядков ниже остальных компонентов реакций, выражения для концентрационных констант кислотно-основного равновесия могут быть представлены следующим образом:

$$K_{прот} = \frac{[SiRNH_3^+]}{[SiRNH_2][H^+]} = \frac{C_{HCl} - [(SiRNH_2)_2H^+]}{\{C_{SiRNH_2} - C_{HCl} - [(SiRNH_2)_2H^+]\}[H^+]} \quad (12)$$

$$K_{гом} = \frac{[(SiRNH_2)_2H^+]}{[SiRNH_3^+][SiRNH_2]} = \frac{[(SiRNH_2)_2H^+]}{(C_{HCl} - [(SiRNH_2)_2H^+])(C_{SiRNH_2} - C_{HCl} - [(SiRNH_2)_2H^+])}, \quad (13)$$

где  $C_{HCl}$  – общая концентрация HCl, моль/л;  $C_{SiRNH_2}$  – общая концентрация аминогрупп, моль/л. Программа CLINP 2.1 [10] при заданных приблизительных значениях  $K_{прот}$  и  $K_{гом}$  методом последовательных итераций подбирает оптимальные значения констант.

Для образца АПК (2:1), имеющего высокое содержание аминогрупп, расчет констант проводили как для всего интервала степени оттитрованности  $\alpha$  (0,14 – 0,86), так и для отдельных его участков – 0,14 – 0,5 и 0,5 – 0,86 ( $\alpha = C_{HCl} / C_{SiRNH_2}$ ).

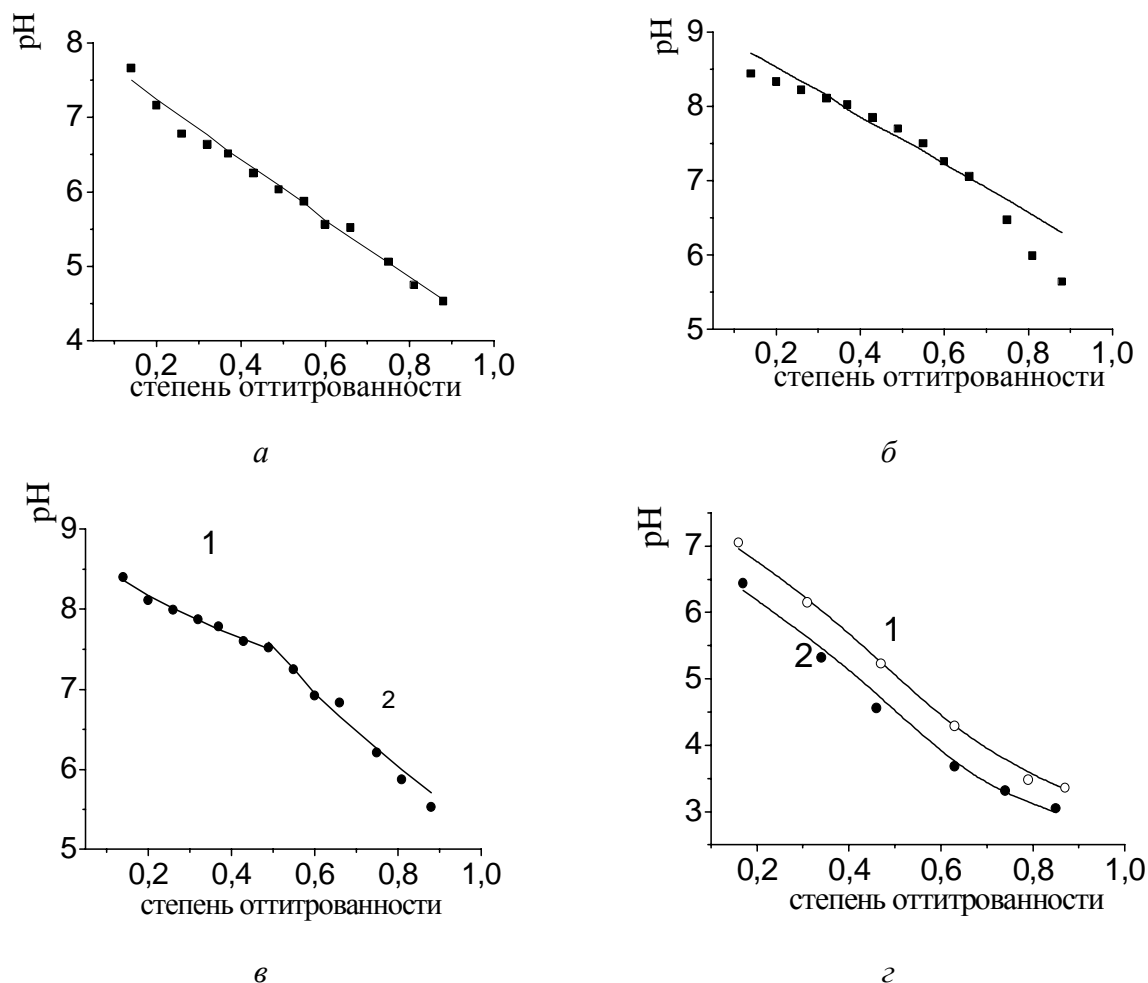
Анализируя полученные результаты (табл. 2.), приходим к выводу, что в течение первых суток происходят процессы протонирования и гомосопряжения, а рассчитанные параметры этих процессов ( $lgK_{прот}$  и  $lgK_{гом}$ ) не зависят от того, рассчитаны ли они для всего интервала кривой титрования или для отдельных ее участков. При этом выбранная модель (уравнения 11, б) адекватна эксперименту (рис. 3, а).

**Таблица 2.** Логарифмы констант равновесия на поверхности аминоксерогеля АПК (2:1) в солянокислом растворе, рассчитанные с применением модели химических реакций

Время контакта образца с раствором, сутки	Образец АПК (2:1)					
	$\alpha = 0,14 \dots 0,86$		$\alpha = 0,14 \dots 0,5$		$\alpha = 0,5 \dots 0,86$	
	$lgK_{прот.}$	$lgK_{гом}$	$lgK_{прот.}$	$lgK_{гом}$	$lgK_{прот.}$	$lgK_{гом}$
1	6,04(0,03)*	2,56(0,05)	5,93(0,09)	2,72(0,15)	6,04(0,06)	2,54(0,12)
2	6,94(0,02)	2,41(0,06)	7,04(0,03)	2,12(0,08)	7,03(0,05)	2,64(0,09)
3	7,31(0,05)	2,31(0,21)	7,49(0,03)	1,33(0,22)	7,52(0,11)	2,93(0,18)
7	7,55(0,06)	2,22(0,27)	7,74(0,02)	-	7,77(0,16)	2,94(0,27)
10	7,61(0,06)	2,22(0,28)	7,79(0,03)	-	7,84(0,17)	2,99(0,28)
14	7,63(0,06)	2,28(0,29)	7,83(0,03)	-	7,86(0,14)	3,00(0,23)
18	7,64(0,06)	2,24(0,33)	7,81(0,03)	-	7,85(0,15)	2,96(0,26)
После прогрева						
4	7,74(0,06)	2,39(0,26)	7,98(0,03)	-	7,94(0,15)	2,98(0,25)
7	7,75(0,07)	2,34(0,32)	7,95(0,03)	-	7,97(0,15)	3,02(0,25)
11	7,71(0,06)	2,28(0,32)	7,88(0,03)	-	7,91(0,15)	2,92±0,25

\* – здесь и в последующих таблицах в скобках указано среднее квадратичное отклонение результатов расчета.

С увеличением времени контакта ксерогеля с солянокислым раствором  $lgK_{прот}$  возрастает и стабилизируется приблизительно после 7–10 суток, а предложенная модель становится не адекватной эксперименту (рис. 3, б).



**Рис. 3.** Кривые pH-метрического титрования аминоксерогелей АПК (2:1) (а, б, в), АПК (8:1) (г1) и АПК (12:1) (г2) (точки – эксперимент, линии – рассчитаны согласно модели химических реакций) после 1-суточного (а) и 7-суточного (б, в, г) контакта ксерогелей с раствором; кривая в1 рассчитана для  $\alpha < 0,5$ ; кривая в2 – для  $\alpha > 0,5$ .

Модель становится адекватной эксперименту, если кривую титрования разбить на два участка (рис. 3, в). При этом значения  $lgK_{прот}$ , рассчитанные по данным как первой половины кривой титрования, так и второй, практически одинаковы и не отличаются от значений  $lgK_{прот} = 7,73 \pm 0,06$ , рассчитанных по уравнению (7) при  $\alpha < 0,5$ . Они несколько выше значений  $lgK_{прот}$ , рассчитанных для всего интервала кривой титрования. В то же время значения  $lgK_{зом}$  существенно различаются в зависимости от того, по данным какой части кривой титрования они были рассчитаны. В частности,  $lgK_{зом}$ , рассчитанный для участка кривой титрования, соответствующего  $\alpha = 0,14 \dots 0,5$  и  $pH > 7,5$ , существенно уменьшается со временем и после 7-суточного контакта образца с раствором не определяется. Похоже, что процессы гомосопряжения поверхностных аминогрупп, которые имели место вначале при  $\alpha = 0,14 \dots 0,5$  и  $pH > 7,5$ , со временем не проявляются. В процессе протонирования аминоксодержащих ксерогелей, очевидно, существенное влияние имеют процессы аквакации, которые протекают во времени и при прогревании суспензий. В частности, аквакация 3-аминопропильных групп может приводить к подавлению

процессов гомосопряжения, вплоть до их полного исчезновения, что, собственно, и наблюдается. В то же время  $lgK_{\text{гом}}$  для участка кривой титрования, соответствующего  $\alpha = 0,5 \dots 0,86$  и  $pH < 7,5$ , рассчитываются на всех этапах наблюдений. Эти значения существенно выше, чем значения  $lgK_{\text{гом}}$ , рассчитанные по данным всей кривой титрования. Их стабилизация, как и  $lgK_{\text{прот}}$ , наблюдается после 7-суточного контакта. Очевидно, именно потому, что после длительного контакта сорбента с раствором процесс гомосопряжения имеет место в слабокислой среде и не происходит в слабощелочной, модель (уравнения 11 и 6) не адекватна эксперименту для всей кривой титрования.

Модель химических реакций (уравнения 11 и 6) адекватно описывает кислотно-основное взаимодействие ксерогелей, имеющих невысокое содержание аминогрупп (рис. 3, з). В табл.3 приведены параметры кислотно-основного равновесия, рассчитанные согласно модели химических реакций для образцов аминоксерогелей с различным содержанием функциональных групп. Для образца АПК (2:1) приведены константы, рассчитанные для участка кривой титрования при степени оттитрованности  $\alpha = 0,5 \dots 0,86$ . Как видно из табл. 3, концентрационные константы протонирования аминогрупп на поверхности аминокремнеземов возрастают с увеличением концентрации функциональных групп. Такой эффект объясняется скорее не изменением концентрации аминогрупп на поверхности аминокремнеземов, а изменением основности аминогрупп в результате взаимодействия их с силанольными группами поверхности согласно схемам 2-4. Исходя из соотношения взятых для синтеза ТЭОС и АПТЕС, можно видеть, что с увеличением содержания аминогрупп будет уменьшаться содержание силанольных групп на поверхности, а следовательно, и их влияние на природу аминогрупп.

**Таблица 3.** Логарифмы условных констант кислотно-основного равновесия на поверхности аминоксерогелей с различной концентрацией аминогрупп

Образец	$lgK$	Время контакта ксерогелей с раствором, сутки				
		3	7	10	20	27
АПК (2:1), 15,8 мкмоль/м <sup>2</sup>	$lgK_{\text{прот}}$	7,50(0,11)	7,75(0,16)	7,81(0,17)	7,83(0,15)	
	$lgK_{\text{гом}}$	2,93(0,18)	2,94(0,27)	2,99(0,28)	2,96(0,26)	
АПК (8:1), 4,2 мкмоль/м <sup>2</sup>	$lgK_{\text{прот}}$	4,77(0,08)	5,05(0,03)	5,13(0,03)	5,25(0,03)	5,33(0,03)
	$lgK_{\text{гом}}$	3,74(0,09)	3,63(0,05)	3,58(0,04)	3,40(0,05)	3,38(0,05)
АПК (12:1), 2,3 мкмоль/м <sup>2</sup>	$lgK_{\text{прот}}$	4,19(0,15)	4,43(0,08)	4,47(0,06)	4,70(0,06)	4,77(0,06)
	$lgK_{\text{гом}}$	3,69(0,16)	3,52(0,09)	3,45(0,08)	3,38(0,07)	3,38(0,07)

Константы гомосопряжения аминогрупп (табл. 3) практически одинаковы для образцов аминоксерогелей с относительно низкой концентрацией функциональных групп (4,2 и 2,3 мкмоль/м<sup>2</sup>). Меньшее значение  $lgK_{\text{гом}}$  для образца АПК (2:1) обусловлено, возможно, полимерной структурой его функционального слоя. Из табл. 3 также видно, что значения констант кислотно-основного равновесия зависят от времени контакта аминокремнезема с раствором. Для образца с высоким содержанием аминогрупп  $lgK_{\text{прот}}$  и  $lgK_{\text{гом}}$  практически стабилизируются после 7-суточного контакта с раствором. Для образцов с низким содержанием аминогрупп на протяжении всего времени наблюдения (до 27 суток) фиксировалось увеличение  $lgK_{\text{прот}}$  и снижение  $lgK_{\text{гом}}$ . Рассчитанные нами значения констант протонирования образца АПК (2:1), содержащего 15,8 мкмоль/м<sup>2</sup> аминогрупп, согласуются с литературными данными для 3-аминопропил-

аэросила с концентрацией аминогрупп  $11,89 \text{ мкмоль/м}^2$  ( $\lg K_{\text{прот}} = 7,81$ ,  $\lg K_{\text{сом}} = 2,97 \pm 0,06$ ) и свидетельствуют о том, что при высоких концентрациях аминогрупп роль силанольных групп, содержание которых существенно уменьшается, нивелируется и константа протонирования аминогрупп не зависит от их концентрации.

## Выводы

Кислотно-основное равновесие с участием мезопористых кремнезёмов, функционализированных 3-аминопропильными группами, устанавливается в течение 7–10 суток. Концентрационная константа протонирования этих ксерогелей увеличивается с ростом концентрации поверхностных аминогрупп, вследствие уменьшения доли силанольных групп и, следовательно, их влияния на основность аминогрупп. Константа гомосопрежения 3-аминопропильных групп практически не зависит от их концентрации.

## Литература

1. Кислотно-основные свойства кремнезёмов, химически модифицированных аминогруппами / Ю.В. Холин, В.Н. Зайцев, С.А. Мерный, Н.Д. Донская, Л.Н. Чистякова // Укр. хим. журн. – 1993. – Т. 59, № 9. – С. 910 – 917.
2. Walcarius A., Etienne M., Bessiere J. / Rate of access to the binding sites in organically modified silicates. 1. Amorphous silica gels grafted with amine or thiol groups // Chem. Mater. – 2002. – V. 14, № 6. – P. 2757 – 2766.
3. Walcarius A., Etienne M., Lebeau B. Rate of access to the binding sites in organically modified silicates. 2. Ordered mesoporous silicas grafted with amine or thiol groups // Chem. Mater. – 2003. – V. 15, № 11. – P. 2161 – 2173.
4. Холин Ю.В., Шабеева Ю.В. Влияние фоновых электролитов на протолитические свойства и комплексообразование с медью аминов, привитых на поверхности кремнезёма // Журн. прикл. химии. – 1998. – Т. 71, вып. 9. – С. 1433 – 1439.
5. Холин Ю.В., Мерный С.А., Зайцев В.Н. / Численный анализ энергетической неоднородности комплексообразующих кремнезёмов // Журн. физ. химии. – 1996. – Т. 70, № 6. – С. 1101 – 1107.
6. Аминокремнезёмы с решеточным распределением закрепленных групп / В.Н. Зайцев, В.В. Скопенко, Ю.В. Холин, Н.Д. Донская, С.А. Мерный // Журн. общ. химии. – 1995. – Т. 65, вып. 4. – С. 529 – 537.
7. Кудрявцев Г.В., Лисичкин Г.В. Кислотно-основные свойства кремнезёма, химически модифицированного  $\gamma$ -аминопропилтриэтоксисиланом // Журн. физ. химии. – 1981. – Т. 55, № 5. – С. 1352 – 1354.
8. Комплексообразование  $\text{Cu}^{2+}$  с алифатическими аминами, закрепленными на поверхности кремнезёма / Ю.В. Холин, В.Н. Зайцев, С.А. Мерный, О.А. Варзацкий // Журн. неорганич. химии. – 1995. – Т. 40, № 8. – С. 1325 – 1330.
9. Модифицированные кремнезёмы в сорбции, катализе и хроматографии / Под ред. Г.В. Лисичкина. – М.: Химия, 1986. – 248 с.
10. Холин Ю.В. Количественный физико-химический анализ комплексообразования в растворах и на поверхности химически модифицированных кремнезёмов: содержательные модели, математические методы и их приложения. – Харьков: Фолио, 2000. – 288 с.
11. Синтез функционализированных полисилоксановых ксерогелей, строение их поверхностного слоя и сорбционные свойства / Ю.Л. Зуб, И.В. Мельник, Н.В. Столярчук, О.А. Дукарко и др. // Химия, физика и технология поверхности. – К.: Наук. думка, 2006. – Вып. 11-12. – С. 165 - 203.
12. Альберт А., Сергент Е. Константы ионизации кислот и оснований. – М.-Л.: Химия, 1964. – 180 с.



# ACID-BASE PROPERTIES OF 3-AMINOPROPYL-CONTAINING XEROGELS

V.P. Goncharyk, L.I. Kozhara, Yu.L. Zub

*Chuiko Institute of Surface Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine  
General Naumov Str. 17, 03164 Kyiv-164*

*Acid-base properties of amine group-containing xerogels synthesized by sol-gel technique have been studied by pH-metric titration. Protonation ( $\lg K_{\text{prot}}$ ) and conjugation ( $\lg K_{\text{con}}$ ) constants of surface 3-aminopropyl groups were calculated using electrostatic model and that of chemical reaction. An increase has been found in  $\lg K_{\text{prot}}$  with surface amino group concentration in xerogels whereas no dependence of  $\lg K_{\text{con}}$  on their concentration has been revealed.*