

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ОСУШИТЕЛЯ - ОКСИДА АЛЮМИНИЯ,
МОДИФИЦИРОВАННОГО ИОНАМИ КАЛИЯ, НА КИНЕТИКУ И АДсорбЦИОННУЮ
ЕМКОСТЬ**

Ж.Б. Будаев, А.В. Ливанова

Научный руководитель: канд. хим. наук Е.П. Мещеряков
Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: budaev17@mail.ru

**INFLUENCE OF PARTICLE SIZE OF A DRIER - ALUMINIUM OXIDE MODIFIED POTASSIUM
IONS, ON THE KINETICS AND ADSORPTION CAPACITY**

Zh.B. Budaev, A.V. Livanova

Scientific Supervisor: Ph.D. E.P. Meshcheryakov
Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: budaev17@mail.ru

***Abstract.** This article presents an investigation kinetics of adsorption of water vapor on fractions: 0.125-0.25; 0.25-0.5 and 0.5-1.0 mm, adsorbent on the basis aluminium oxide modified potassium ions. Found the constant values of the speed of the process of adsorption of water vapor on these fractions. It is shown that for fractions with particles less than 0.5 mm water vapour adsorption rates is close and significantly exceeds the rate of adsorption on fractions 0.5-1.0 mm. The value of maximum adsorption of water vapor for studied fractions was comparable.*

Введение. С целью повышения эффективности адсорбентов, используемых для осушки технологических потоков газов, в частности компримированного воздуха, проводятся работы по модифицированию ионами щелочных металлов адсорбентов на основе оксида алюминия [1]. При изучении кинетики адсорбции паров воды было показано, что модифицирование катионами щелочных металлов (K, Na) осушителя на основе оксида алюминия, получаемого по технологии центробежной термической активации (ЦТА) из псевдобемитсодержащего гидроксида, позволяет повысить его эффективность [2]. Кинетика сорбции воды в единичном зерне адсорбента представляет фундаментальный интерес для осушки газов, адсорбционных тепловых насосов и холодильников, адсорбционных систем запасания тепла [3] поскольку насыщение адсорбатом каждой частицы адсорбента, находящегося в адсорбере, зависит от скорости диффузии поглощаемых молекул внутри гранулы, что в конечном итоге при определенном гидродинамическом режиме определяет величину адсорбции и интенсивность массопереноса. Кроме того, кинетические параметры взаимодействия с парами воды необходимы для расчета гидродинамических параметров промышленных адсорбентов и оптимальных форм гранул алюмооксидных адсорбентов.

В данной работе продолжено исследование образцов оксида алюминия, полученных методом ЦТА и модифицированных ионами калия; изучено влияние размера зерна адсорбента на кинетические характеристики адсорбции паров воды.

Материалы и методы исследования. В качестве исходного образца использовали продукт центробежной термической активации гидрагиллита (ЦТА ГГ), условия получения которого были описаны в работе [1]. Модификацию данного образца ионами калия проводили в стеклянном стакане в суспензии с расчетным количеством гидроксида калия, необходимым для получения концентрации калия - 2 % масс. в конечном продукте при постоянном перемешивании магнитной мешалкой в течении 6 часов. После этого модифицированный продукт подвергался термической обработке при температуре 450 °С. Содержание калия в образце определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа на рентгенофлуоресцентном спектрометре XRF-1800 фирмы Shimadzu (Япония). Для проведения эксперимента были взяты следующие фракции данного образца: 0,125-0,25; 0,25-0,5 и 0,5-1,0 мм. Эксперименты для изучения кинетики на модифицированном образце оксида алюминия указанных фракций проводились на адсорбционной установке с использованием кварцевых весов Мак-Бена-Бакра по методике, описанной в работе [1].

Результаты. Была проведена серия опытов по изучению зависимости адсорбции паров воды от времени на образцах исследуемых фракций при 100 % относительной влажности и температуре 25 °С. Кинетика адсорбции паров воды на активном оксиде алюминия при выбранных в работе условиях протекает во внутридиффузионной области и поэтому для ее описания возможно использование уравнения Глюкауфа [4]:

$$\frac{da}{dt} = \beta(a - a_{\infty}),$$

где a_{∞} - величина поглощения, равновесная с текущей концентрации вещества в потоке на внешней поверхности гранул; a - текущая величина адсорбируемого вещества, β - кинетический коэффициент, выражающий константу скорости адсорбции, мин^{-1} ; t - время, мин.

Сравнение экспериментально полученных и теоретически рассчитанных кинетических кривых представлено на рисунке 1.

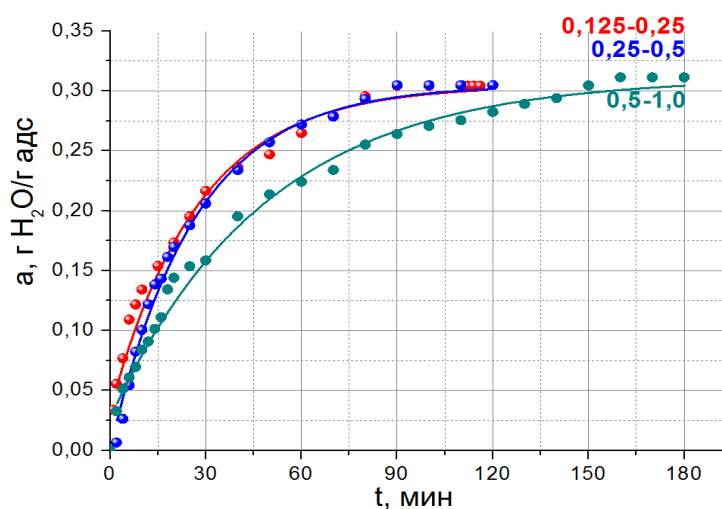


Рис. 1. Кинетические кривые адсорбции паров воды на образце алюмооксидного адсорбента фракций: 0,125-0,25 мм, 0,25-0,5 мм, 0,5-1,0 мм (точки – эксперимент, линии - расчет по уравнению Глюкауфа)

Экспериментальные значения максимальной адсорбционной емкости образцов (a_m) и константы скорости адсорбции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Адсорбционные характеристики образца алюмооксидного адсорбента

Фракция, мм	a_m , г/г адс.	β , мин ⁻¹
0,125-0,25	0,30	0,036
0,25-0,5	0,30	0,038
0,5-1,0	0,31	0,021

Выводы. Из рисунка 1 и таблицы 1 видно, что максимальная адсорбционная емкость по парам воды для всех образцов близка. Кинетические кривые для фракций 0,125-0,25 мм и 0,25-0,5 мм практически совпадают и время насыщения парами воды для них гораздо меньше, чем для более крупной фракции. В случае пористых адсорбентов, к которым относится оксид алюминия, важную роль играет перенос адсорбата в порах адсорбента при наличии в них градиента концентрации. Механизм такого переноса зависит от концентрации адсорбата и размеров пор. Диффузия обычно осуществляется по объему, реже по поверхности пор [5, 6]. Близкие значения константы скорости адсорбции 0,036 мин⁻¹ и 0,038 мин⁻¹ для образцов фракций с размером частиц 0,125-0,25 мм и 0,25-0,5 мм соответственно могут свидетельствовать о том, что при размере частиц меньше 0,5 мм резко уменьшается пористость образцов, что приводит к выравниванию скорости диффузии в них молекул воды.

Известно, что скорость сорбции, при прочих равных условиях, убывает с ростом размеров зерна сорбента. Это подтверждается полученными нами экспериментальными данными (рис. 1, таблица 1), из которых видно, что скорость адсорбции паров воды на фракции 0,5-1,0 мм значительно ниже, чем для более мелких фракций.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки Российской Федерации. Соглашение № 14.575.21.0139, идентификатор RFMEFI57517X0139.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетников С.И., Ливанова А.В., Мещеряков Е.П., Курзина И.А., Исупова Л.А. Кинетические закономерности адсорбции на алюмооксидных осушителях, допированных катионами щелочных металлов // Журнал прикладной химии – 2017 – Т. 90. – № 11. – С. 1451-1457.
2. Zotov R., Meshcheryakov E., Livanova A., Minakova T., Magaev O., Isupova L., Kurzina I. / Influence of the composition, structure, and physical and chemical properties of aluminium-oxide-based sorbents on water adsorption ability // Materials – 2018 – V. 11. – 132; doi:10.3390/ma11010132.
3. Глазнев И.С. Динамика поглощения воды в зерне и слое CaCl₂/силикагель и CaCl₂/оксид алюминия. Автореф. дис. ... канд. хим. наук. - Новосибирск, 2006г. – 19 с.
4. Livanova A., Meshcheryakov E., Reshetnikov S., Kurzina I. Study of water vapour adsorption kinetics on aluminium oxide materials // AIP Conf. Proc. – 2017. – 1899. – 020018-1–020018-6.
5. Островский Н.М., Чумакова Н.А., Бухавцова Н.М., Верниковская Н.В., Аристов Ю.И. Моделирование лимитирующей стадии процесса сорбции воды композитными сорбентами «хлорид кальция в пористой матрице» // Теоретические основы химической технологии – 2007 – Т. 41. – № 1. – С.88-94.
6. Sircar S., Rao M. B., Golden T. C. // Stud. Surf. Sci. Catal. 1999. – V. 120. – P. 395–423.