

## АДСОРБЦИЯ БЕНЗОЛА ГИБРИДНЫМИ НАНОКОМПОЗИЦИЯМИ ХИТОЗАН-КРЕМНЕЗЕМА

**Яркулов Ахрор Юлдашевич**

доцент кафедры физической химии Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека,  
Узбекистан, г. Ташкент, Вузгородок  
Email: [yaaxror@rambler.ru](mailto:yaaxror@rambler.ru)

**Умаров Бахром Сманович**

преподаватель кафедры физической химии Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека,  
Узбекистан, г. Ташкент, Вузгородок

**Мухамедов Нурходжа Рамазанович**

Синьцзянский технический институт физики и химии Академии Наук Китая,  
Китайская Народная Республика

**Рахматкариева Феруза Гайратовна**

д-р хим. наук Институт Общей и неорганической химии, АНРУз,  
Узбекистан, г. Ташкент

**Мирзаахмедов Шарафитдин Яшинович**

ст. науч. сотр. Центра передовых технологий при Министерстве Инновационного развития РУз,  
Узбекистан, г. Ташкент

**Бозоров Сойибжон Содикжонович**

мл. науч. сотр. Центра передовых технологий при Министерстве Инновационного развития РУз,  
Узбекистан, г. Ташкент

**Акбаров Хамдам Икрамович**

д-р хим. наук, профессор зав. кафедры физической химии Национального университета  
Узбекистана имени Мирзо Улугбека,  
Узбекистан, г. Ташкент, Вузгородок

## ADSORPTION PROPERTIES OF HYBRID NANOCOMPOSITIONS CHITOSAN-SILICA WITH BENZEN

**Akhror Yarkulov**

Associate professor of the department of Physical chemistry  
of National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulughbek,  
Uzbekistan, Tashkent, Vuzgorodok

**Bakhrom Umarov**

Lecturer of the department of Physical chemistry  
of National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulughbek,  
Uzbekistan, Tashkent, Vuzgorodok

**Nurkhodja Mukhamedov**

Xinjiang Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences  
The People's Republic of China

**Feruz Rakhmatkariyeva**

Doctor of Science, Institute of General and Inorganic Chemistry  
Uzbek Academy of Sciences  
Uzbekistan, Tashkent

**Sharafiddin Mirzaakhmedov**

Senior Research Associate, Centre of Advanced Technologies, at the Ministry of Innovation Development  
 Republic of Uzbekistan  
 Uzbekistan, Tashkent

**Soyibjon Bozorov**

Junior Research Associate, Centre of Advanced Technologies,  
 at the Ministry of Innovation Development Republic of Uzbekistan  
 Uzbekistan, Tashkent

**Khamdam Akbarov**

Doctor of Chemical sciences, professor, head of the department of  
 Physical chemistry of National University of Uzbekistan Named after Mirzo Ulughbek,  
 Uzbekistan, Tashkent, Vuzgorodok

### АННОТАЦИЯ

Прецизионным адсорбционно-калориметрическим методом исследована сорбция паров бензола на гибридных хитозан-кремнеземных нанокompозитах. Изотермы обработаны уравнениями теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ), и зависимость времени установления адсорбционного равновесия ( $\tau$ ). Синтезированные гибридные хитозан-кремнеземные нанокompозиты исследованы рентгенофазовым анализом.

### ABSTRACT

The sorption of benzene vapors on hybrid chitosan-silica nanocomposites was studied using a precision adsorption-calorimetric method. The isotherms were calculated by the equations of the theory of volumetric filling of micropores (TVFM), and the dependence of the time of establishment of adsorption equilibrium ( $\tau$ ). The synthesized hybrid chitosan-silica nanocomposites were studied by X-ray diffraction analysis.

**Ключевые слова:** хитозан-кремнезем, нанокompозиция, сорбция, изотерма, бензол, ТОЗМ, рентгенофазовой анализа.

**Keywords:** chitosan-silica, nanocomposition, sorption, isotherm, benzene, TVFM, X-ray diffraction analysis.

**Введение.** Приготовление гибридного нанокompозиционного хитозана-кремнеземного сорбента. Показано, что образование геля в гидrolитической поликонденсации тетраэтоксисилана (ТЭОС) с включением хитозана состоит из двух стадий. Подавление кристаллизации хитозана в полученной двухфазной системе и изменение свидетельствуют о взаимодействии молекул хитозана и силанольных групп кремнеземной сетки. Полученный гибридный хитозан-кремнеземный сорбент был испытан методом использования в очистке воды, разделении, иммобилизации ферментов, сенсорных и биомедицинских областях, высокоэффективной жидкостной и тонкослойной хроматографии [3, 5, 7-11].

Теория объемного заполнения микропор позволяет по одной экспериментальной изотерме адсорбции, измеренной при некоторой температуре или по одной изобаре адсорбции рассчитать изотермы этого же вещества для других температур. Проведенные различными авторами исследования по адсорбции веществ на микропористых адсорбентах в рамках ТОЗМ давали хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных, когда предельный объем адсорбционного пространства, оцененный по бензолу, распространялся на вещества, молекулы которых близки по размерам молекулам стандартного вещества [4].

### Экспериментальная часть

Прецизионные адсорбционно-калориметрические исследования проводились на универсальной

высоковакуумной объемной установке, позволяющей проводить дозировку адсорбата объемно-жидкостным методом и подключенным к нему изотермического дифференциального автоматического микрокалориметра типа Тиана-Кальве.

Основное уравнение ТОЗМ выражает зависимость степени заполнения микропор  $\theta = a/a_0$  от работы адсорбции

$$A = RT \ln P/P^0; \theta = \exp\left[-(A/E)^n\right] \quad (1)$$

$$a = a_0 \exp\left[-(A/E)^n\right] \quad (2)$$

Это уравнение можно представить в линейной форме:

$$\lg a = \lg a_0 - (A^n/E^n) \quad (3)$$

**Рентгеновские исследования** образцов выполнялись на рентгеновской дифрактометре «Panalytical Empyrean» оснащенной Cu трубкой ( $K\alpha_1 = 1,5406 \text{ \AA}$ ). Измерения проводилось при комнатной температуре в интервале углов  $2\theta$ , в диапазоне от  $5^\circ$  до  $80^\circ$  в режиме пошагового сканирование с шагом  $0,007$  градуса.

### Результаты и их обсуждение

Адсорбция воды в микропористых (нанопористых) гибридных нанокompозиционных материалах представляет большой научный и технический интерес благодаря применению гибридных нанокompози-

ционных материалов в качестве сорбентов высокоэффективной жидкостной хроматографии, катализаторов, сенсоров, для очистки сточных вод от тяжелых металлов [2, 12].

**Целью работы является** исследование адсорбционных свойств гибридных хитозан-кремнеземных нанокomпозиционных материалов по бензолу и их рентгенофазового анализа, полученных золь-гель методом.

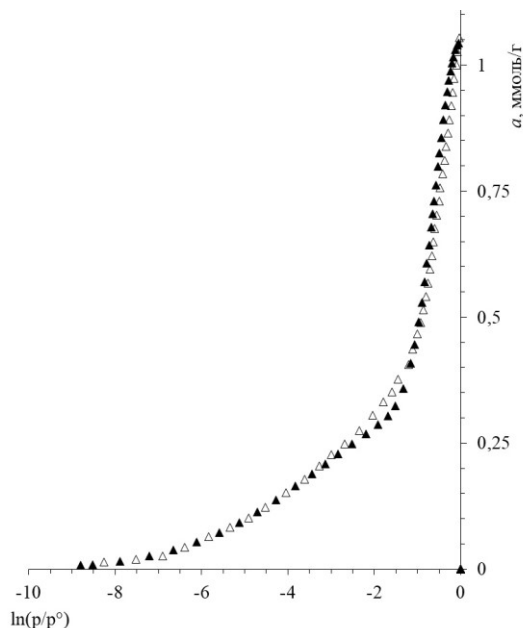
Изотермы адсорбции бензола на хитозан-кремнеземных гибридных нанокomпозиционных материалах в полулогарифмических координатах представлена на рис.1. На рис.1 приведена также теоретически

рассчитанная изотерма адсорбции бензола на хитозан-кремнеземных гибридных нанокomпозициях, которые указаны черными треугольниками. Из рис.1 видно, что расчетные данные на основе ТОЗМ хорошо согласуются с экспериментальными [4].

Изотерма адсорбции бензола в гибридных нанокomпозиционных материалах хорошо описывается двухчленным уравнением ТОЗМ:

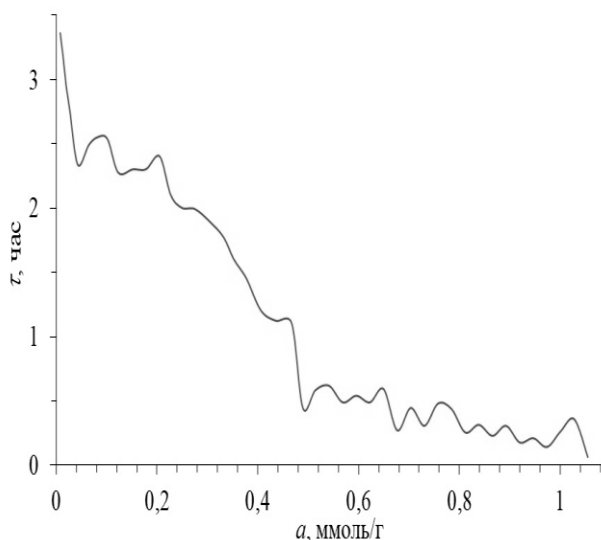
$$a = 0,340 \exp[-(A/11,32)^2] + 0,706 \exp[-(A/2,03)^2]$$

Рассчитанные по уравнению данные хорошо согласуются с экспериментальными.



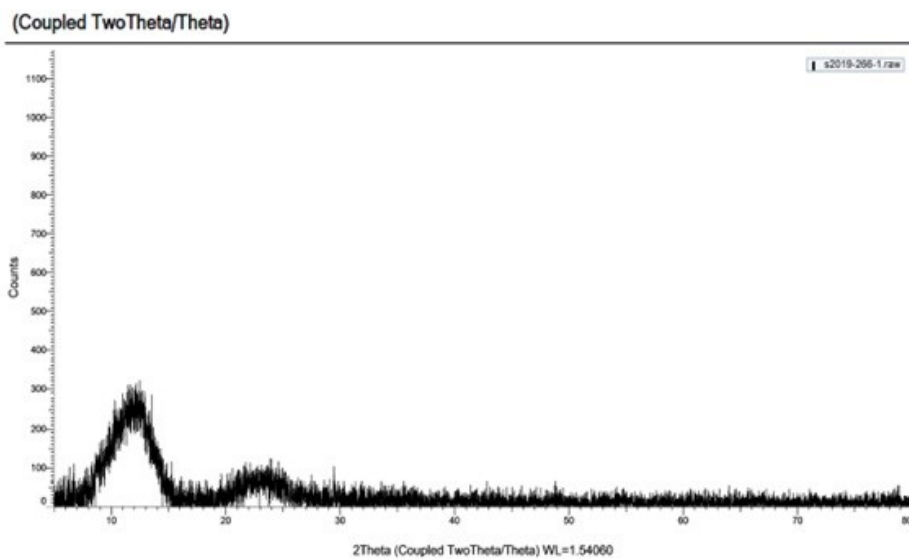
**Рисунок 1. Изотерма адсорбции бензола в хитозан-кремнеземных гибридных нанокomпозиционных материалах при 303К. Черные точки – рассчитаны с помощью ТОЗМ.**

На рис.2 представлена зависимость времени установления адсорбционного равновесия от заполнения гибридных хитозан-кремнеземных нанокomпозиций молекулами бензола. Время установления адсорбционного равновесия в области формирования адсорбат-адсорбент замедлено и доходит до ~3,36 часов. Адсорбционное равновесие в гидрофобных центрах устанавливается в среднем за ~0,6 часа [1, 6].

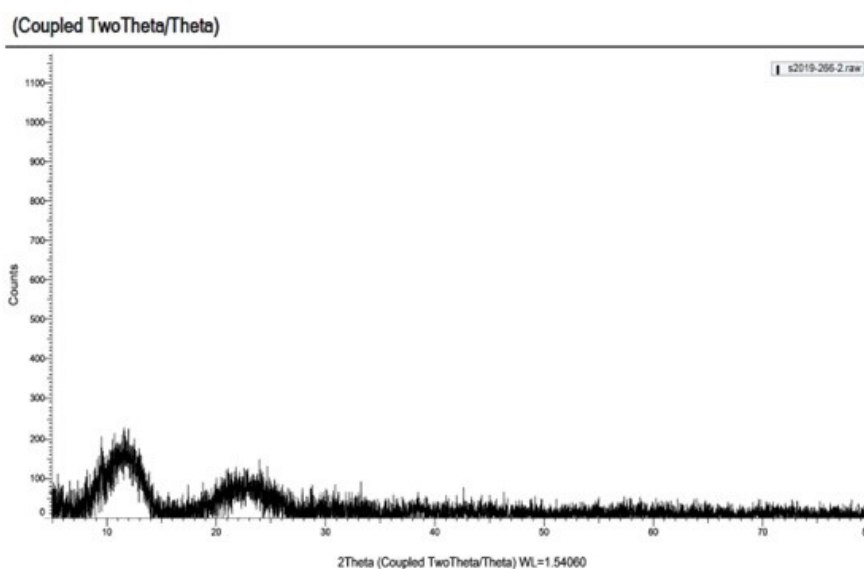


**Рисунок 2. Время установления адсорбционного равновесия в зависимости от величины адсорбции бензола в хитозан-кремнеземных гибридных нанокomпозиционных материалах.**

Как известно, результаты анализа XRD дают две важные информации о веществе. Первая из них, степень кристалличности вещества, которая определяется по интенсивности пика. То есть чем выше и чем тоньше высота пика, тем выше степень кристалличности исследуемого материала и, следовательно, чем ниже и чем тоньше высота пика, степень кристалличности исследуемого материала ниже будет низкой.



*Рисунок 3. Результаты рентгенофазового анализа хитозан–кремнезем*



*Рисунок 4. Результаты рентгенофазового анализа хитозан–кремнезем–глицерин*

Второе из них, расстояние ( $d$ ) между цепями макромолекул, расположенных в кристаллизованной части вещества, в частности полимерного вещества, которое можно суммировать с помощью значений  $2\Theta$  на горизонтальной оси дифрактограммы. Здесь значения  $2\Theta$  и  $d$  обратно пропорциональны.

На основе полученных результатов по рентгенофазовому анализу, можно отметить, что хитозан – кремнезем 1:7,5 (рис.3) и хитозан – кремнезем – глицерин 1:7,5:2 (рис.4) не изменили  $2\Theta$ , содержащие глицерин, не были до значения степень кристалличности от 200 до 300. Следовательно, кристалличность снижалась после добавления глицерина и значение  $d$  не изменяется.

На основе проведённых исследований «Адсорбционные и термодинамические свойства гибридных нанокomпозиций хитозан-кремнезем с бензолом» представлены следующие обоснованные **ВЫВОДЫ**:

1. Исследованы изотермы адсорбции бензола гибридными хитозан-кремнеземными нанокomпозиционными материалами на прецизионной адсорбционной-калориметрической установке.
2. Изотермы обработаны уравнениями теории объемного заполнения микропор. Изотерма адсорбции бензола в гибридных нанокomпозиционных материалах хорошо описывается двухчленным уравнением ТОЗМ.
3. Термокинетика адсорбции паров бензола в хитозан-кремнеземных нанокomпозитах показывает, что время установления адсорбционного равновесия замедлено и доходит до 3,36 часов. Адсорбционное равновесие на гидрофобных центрах устанавливается в среднем за 0,6 часа.
4. Рентгенофазный анализ хитозан-кремнезем 1:7,5 и хитозан-кремнезем-глицерин 1:7,5:2 показал, что значение  $2\Theta$  не изменился, а кристалличность

снижалась после добавления глицерина и значение  $d$  не изменяется.

#### Список литературы:

1. Акбаров Х.И., Яркулов А.Ю. Термодинамика взаимодействия компонентов гибридных полимер-кремнеземных наноконпозиций // Современные проблемы науки о полимерах. Узбекско-Казахский Симпозиум. 28-29 сентября 2018. Ташкент 2018. -С. 75-76.
2. Акбаров Х.И., Яркулов А.Ю. Термодинамические свойства гибридных полимер-кремнеземных наноконпозиций // Современные проблемы науки о полимерах. 31 октября-1 ноября 2019 года. Ташкент 2019. -С. 138-139.
3. Кабулов Б.Д., Шакарлова Д.Ш., Шпигун О.А., Негматов С.С. Наноконпозитный хитозан-кремнеземный сорбент для тонкослойной хроматографии алкалоидов // Журнал Физической химии. -2008. -Т.82. -№ 6. -С. 1054-1058.
4. Рахматкариев Г.У., Якубов Й.Ю., Рахмакариева Ф.Г. Теплоты адсорбции паров бензола в цеолите HZSM-5// Композиционные материалы. Ташкент, 2015. №2. -С. 25-29.
5. Ahmed Salama. Polysaccharides-silica hybrid materials: New perspectives for sustainable raw materials // Journal of Carbohydrate Chemistry. -2016. -V.35(3). -P. 131-149.
6. Akbarov Kh.I., Rakhmatkariev G.U., Yakubov Yo'.Yu., Yarkulov A.Yu. Precession adsorption-calorimetric investigations of hybrid diacetate cellulose-silica nanocompositions // VII International workshop. «Specialty polymers for environment protection, oil industry, bio, nanotechnology and medicine» September 7-9, 2017, Almaty, 2017. -P. 41.
7. Budnyak T.M., Tetykh V.A., Yanovska E.S. Chitosan and its derivatives as sorbents for effective removal of metal ions. Surface // -2013. -V.5 (Suppl 20). -P. 118-134.
8. Clément Sanchez, Beatriz Julian-Lopez, Philippe Belleville, *Michael Popall*. Application of hybrid organic-inorganic nanocomposites. Journal of Materials Chemistry 15(35-36): 2005, P. 3559-3592.
9. Daniel Elieh-Ali-Komi, Michael R Hamblin. Chitin and Chitosan: Production and Application of Versatile Biomedical Nanomaterials. International Journal of Advanced Research (2016), Volume 4, Issue 3, 411-427.
10. Laura Cardoso, Thomas Cacciaguerra, Philippe Gaveau, Laurent Heux, Emmanuel Belamie and Bruno Alonso. Synthesis of textured polysaccharide-silica nanocomposites: a comparison between cellulose and chitin nanorod precursors // New Journal of Chemistry. -2017. -V.41. -P. 6014-6024.
11. Olimjon Ruzimuradov. Hybrid polymer-silica adsorbent for chromatography // Combined and Hybrid Adsorbents. -2006. -P. 55-62.
12. Rashidova S.Sh., Shakarova D.Sh., Ruzimuradov O.N., Satubaldieva D.T., Zalyalieva S.V., Shpigun O.A., Varlamov V.P., Kabulov B.D. Bionanocompositional chitosan-silica sorbent for liquid chromatography. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci. 2004. 800(1-2):49-53.