Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

УДК: 541.183:536.658
ORCID 0009-0007-8945-2386

AgZSM-5 ЦЕОЛИТИДА О-КСИЛОЛ АДСОРБЦИЯСИНИНГ ДИФФЕРЕНЦИАЛ ИССИҚЛИГИ, ЭНТРОПИЯСИ ВА ТЕРМОКИНЕТИКАСИ

Мухаммаджонов Миржалол Музаффаржон ўғли
Наманган муҳандислик-технологиялари институти,
таянч докторанти
E-mail: tpark6760@gmail.com
Мирзараҳимова Фотима Бахтиёр қизи
Наманган муҳандислик-технологиялари институти,
мустақил изланувчи
E-mail: abdulxayev1987@gmail.com
Абдулхаев Толибжон Долимжонович
Наманган муҳандислик-технологиялари институти, доценти
E-mail: abdulxayev1987@gmail.com

Аннаотация: AgZSM-5 цеолитининг тадқиқ этилган элементар ячейкаси таркибида унинг кимёвий таркибига асосан 1,72 та катион мавжуд. Графикдан адсорбент ва о-ксилол адсорбцияси дифференциал ўзгариши унинг таркибидаги катионлар сонига боғлиқ равишда қонуният корреляция кузатилади. Юқори энергетик ҳудуд 0,3 ммоль/г гача бўлади, бу эса AgZSM-5 нинг битта элементар ячейкасидаги катионлар микдорига тўла мос келади. AgZSM-5 цеолитида о-ксилол дифференциал молли энтропияси ўзгаришининг адсорбция қийматлари билан боғлиқлиги кўрсатилган. О-ксилол адсорбциясининг молли дифференциал энтропияси (ΔS_d), Гиббс–Гельмгольц тенгламаси асосида адсорбциянинг изотермаси ва дифференциал иссиқликларидан ҳисобланган. Адсорбция энтропия ўзгариши ҳам 3 та тенг, 0,6 ммоль/г гача бўлган биринчи ҳудуд, 1,2 ммол/г гача бўлган иккинчи ҳудуд ва 1,8 ммоль/г гача бўлган учинчи ҳудудларга бўлинган.

Калит сўзлар: Адсорбция, AgZSM-5, О-ксилол, дифференциал иссиқлик, энтропия

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ТЕПЛОТА, ЭНТРОПИЯ И ТЕРМОКИНЕТИКА АДСОРБЦИИ О-КСИЛОЛА НА ЦЕОЛИТЕ AgZSM-5

Аннотация: Исследованная элементарная ячейка цеолита AgZSM-5 содержит 1,72 катиона, исходя из ее химического состава. Из графика можно наблюдать дифференциальное изменение адсорбции адсорбента и о-ксилола в зависимости от количества катионов в его составе. Область высоких энергий составляет до 0,3 ммоль/г, что полностью соответствует количеству катионов в одной элементарной ячейке AgZSM-5. Показана корреляция дифференциального изменения молярной энтропии о-ксилола в цеолите AgZSM-5 со значениями адсорбции. Молярную дифференциальную энтропию (Sd) адсорбции О-ксилола

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

рассчитывали по изотерме и дифференциальной теплоте адсорбции на основе уравнения Гиббса–Гельмгольца. Изменение энтропии адсорбции также разделено на 3 равные области: первая область до 0,6 ммоль/г, вторая область до 1,2 ммоль/г и третья область до 1,8 ммоль/г.
Ключевые слова: Адсорбция, AgZSM-5, О-ксилол, дифференциальная теплота, энтропия.

DIFFERENTIAL HEAT, ENTROPY AND THERMOKINETICS OF O-XYLENE ADSORPTION ON AgZSM-5 ZEOLITE

Abstract: The investigated unit cell of AgZSM-5 zeolite contains 1.72 cations based on its chemical composition. From the graph, the differential change of adsorbent and o-xylene adsorption, depending on the number of cations in its content, can be observed. The high energy region is up to 0.3 mmol/g, which fully corresponds to the amount of cations in one unit cell of AgZSM-5. The correlation of the differential molar entropy change of o-xylene in AgZSM-5 zeolite with the adsorption values was shown. Molar differential entropy (Sd) of O-xylene adsorption was calculated from the isotherm and differential heats of adsorption based on the Gibbs–Helmholtz equation. The adsorption entropy change is also divided into 3 equal regions, the first region up to 0.6 mmol/g, the second region up to 1.2 mmol/g, and the third region up to 1.8 mmol/g.
Key words: Adsorption, AgZSM-5, O-xylene, differential heat, entropy

КИРИШ. Адсорбцион тавсифларни ультракуч тадқиқот усулида ZSM цеолитининг 5- ва 11- модификацияларидан ташқари фожазит, ферриерит, ва морденитда цеолитларида алканлар ва алкенлар адсорбция жараёнида муаллифлар томонидан ўрганилган. ИҚ-фурье-спектроскопия маълумотлари асосида ферриеритда пропан ва н-бутан диффузияси учун фаоллашиш энергияси, ҳамда C_2-C_4 алканлар ва алкенларнинг турли катионли ZSM цеолитлар ва силикалитлардаги адсорбция дифференциал иссиқлиги изостерик усулда ҳисобланган[1], микроғоваклардаги диффузия жараёнлари н-бутен диффузия энергия фаоллашуви натижалари билан солиштириш усули ёрдамида баҳоланган [2]. Бевосита тажрибавий кузатиладиган адсорбция жараёни ва структураси ультракуч ва адсорбцияланган молекулалар русумига боғлиқ ҳолда турли хил бўлиши аниқланган, бу эса молекулалар ва ғовакларнинг ўлчамлари ўртасидаги фарқларни акс эттиради. Цеолитларда алканлар ва алкенлар элементар адсорбция жараёнларини интерпретацияси учун бу каби ҳар хил бўлган ҳолатлар қўлланилади. Турли ҳароратларда MFI русумидаги цеолитларда (силикалит) А.Феррер манометрик ва микрокалориметрия усуллари билан биргаликда н-бутан ва изобутан адсорбцияланишини жараёнини ўрганишган [3]. Ҳар иккала бирикманинг адсорбция изотермалари Ленгмюр тенгламаси ёрдамида қониқарли равишда тавсифланади. Адсорбция изотермасидан аниқланган термодинамик катталиклар тажриба маълумотларига мос келади. Тўйинишга қараб адсорбция энтальпияси қийматларида аввало ясси чизиқ кузатилади, кейинчалик адсорбат-адсорбат ўзаро таъсири ҳисобидан катта бўлмаган кўтарилиш кузатилади.

АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ ВА МЕТОДЛАР. Бензолдан иккита метил гуруҳларига ортиқ бўлган ксилолларда турлича жойлашуви билан фарқ қилувчи молекулалар, яъни орто-, мета-, пара-ксилоллар адсорбциясининг асосий тавсифларини (ΔH, ΔG, ΔS) ва унинг механизмини аниқлаш муҳим ҳисобланади. Цеолитлар кристалл панжара

ғовак тизимида сорбцияланган адсорбатларнинг жойлашуви адсорбент-адсорбат ва адсорбат-адсорбат ўзаро таъсирини ўрганиш, аниқлаш муҳимдир ва улар тизимнинг каталитик, адсорбцион ва динамик хоссаларига таъсир қилади. Сўнгги йилларда тижоратлаштириладиган ZSM-5 (жумладан, ZSM-5 нинг Si/Al=23 нисбатдаги русуми) цеолитидаги мембраналар ёрдамида ксилол изомерларини ажратиб олиш жараёнига қизиқиш ортиб бормоқда [4]. Аммо адабиётларда келтирилган етарли бўлмаган тадқиқотлар ZSM-5 структураси наноғовакларида ва ксилоллар молекулалари ўртасидаги ўзига хос мураккаб таъсир ҳақида хулоса чиқаришга имкон бермайди. Молекуляр тузилиши жиҳатидан ўхшаш бўлган ва ўрганилган адсорбатлардан бири кинетик диметри 0,6 нм га тенг бўлган пара-ксилолдир. CsZSM-5 цеолитининг ҳар бир элементар ячейкасида 8 та п-ксилол цеолитнинг барча сиғимли сорбцион бўшлиқларини тўлдиради. Диметил бензолнинг кинетик диметри 0,68 нм бўлган о-ксилол формаси адсорбциясининг асосий термодинамик тавсифлари деярли ўрганилмаган. ZSM-5 цеолитининг эллипссимон синусоидал каналининг ўлчами 6.2 ва 4.6 Å бўлиб, сорбцион жараён ZSM-5 структурасининг кучли деформацияси ҳолатида бўлиши мумкин [5].

НАТИЖАЛАР ВА МУҲОКАМА. AgZSM-5 цеолитининг тадқиқ этилган элементар ячейкаси таркибида унинг кимёвий таркибига асосан 1,72 та катион мавжуд. ZSM-5 цеолитида *о-ксилол* адсорбциясининг натижалари адсорбцион-калориметрик усулда олинган тадқиқот ишлари [6] да келтирилган қурилмада амалга оширилган. Пельтье эффекти ёрдамида иссиқлик оқимларини компенсация қилиш усулидан, яъни Жоуль-Ленц қонуни асосида ўзгармас токнинг иссиқлик эффектидан фойдаланиш адсорбция иссиқларини ўлчаш даражасидаги хатоликларни етарлича камайтиради (90 % энергиягача Жоуль-Ленц қонуни асосида ҳисобланади, демак, 10 % энергия юзани ҳисоблашдаги хатоликлар натижасида бўлиши мумкин). Адсорбцион тажриба ўлчашлари универсал юқори вакуумли, адсорбция қийматлари ҳажмий усулда ҳисобланган бўлиб, унинг ёрдамида адсорбцион ўлчашлар ва адсорбатни миқдорини ўлчаш ишлари юқори аниқликда бажарилган.

1-расмда AgZSM-5 цеолитида *о-ксилол* адсорбциясининг дифференциал иссиқликлари (Q_d) келтирилган. Адсорбция миқдорининг энтальпия қийматига боғлиқлик графиги оддий механизм характерига эга. Ҳосил бўладиган поғона ва экстремум ўзгаришлар адсорбат–адсорбент ўзаро таъсир қилиш натижасида цеолит матрицасидаги структуравий ўзгаришлари билан боғлиқдир. Графикдан адсорбент ва о-ксилол адсорбцияси дифференциал ўзгариши унинг таркибидаги катионлар сонига боғлиқ равишда қонуният корреляция кузатилади. Юқори энергетик ҳудуд 0,3 ммоль/г гача бўлади, бу эса AgZSM-5 нинг битта элементар ячейкасидаги катионлар миқдорига тўла мос келади.

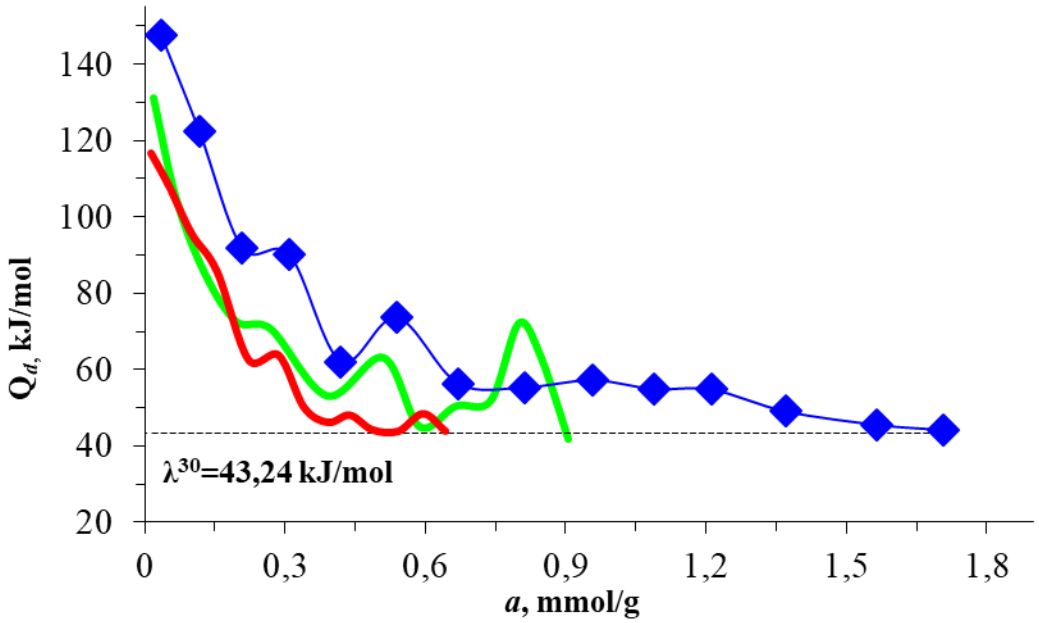
Бу соҳада адсорбция дифференциал иссиқлиги 148 кЖ/моль дан 90 кЖ/моль гача камайиб 0,3 ммоль/г адсорбция миқдорида биринчи координацион сферада поғонали 1:1 нисбатдаги мономер $1C_8H_{10}:Ag^+$ ион-молекуляр комплексини ҳосил қилади. Сорбцион ҳажмнинг тўйинииши билан 0,9 ммоль/г адсорбция миқдорида дифференциал иссиқлик кескин равишда 65 кЖ/моль гача камайиб димер $2C_8H_{10}:Ag^+$ комплексини ҳосил қилади. Улар билан о-ксилол π-комплексларни шакллантиради. Катионларнинг координацион тўйинмаганлиги билан боғлиқ бўлган, бу марказларнинг зарядига боғлиқ ҳолда адсорбциянинг энергияси

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

ўзгаради. Улар бўйича муайян зарядга эга марказлар сонини ҳисоблаш мумкин. Юқори энергетик худуддаги босқичли Q_d эгри чизиғи адсорбция марказлари бир ҳил эмаслигини кўрсатади.



1. расм. 303 К да Ag^+, Cu^{2+} ва Cs^+ катионли ZSM-5 цеолитларида о-ксилол адсорбцияси дифференциал иссиқлиги (Q_d). Штрих чизиқлар 303 К да о-ксилолнинг конденсация қиймати.

Димер комплексдан ҳосил бўлгандан сўнг иссиқлик 56 кЖ/моль гача камаяди, бу қиймат цеолитнинг литий ва цезий катионли шаклларидаги о-ксилолнинг силикалит қисмидаги иссиқлигига мос келади. Демак, о-ксилол цеолитнинг кумуш катионлари билан 1:2 нисбатдаги ион-молекуляр механизм ҳосил қилиш билан биринчи координацион сферадаги сорбцион жараён тугайди. О-ксилолнинг қолган молекулалари цеолитнинг катионсиз қисми бўлган силикалит (тўғри ва синусоидал каналлар)да адсорбцияланади. Дифференциал иссиқликнинг қиймати 56 кЖ/моль дан 1,2 ммоль/г гача ўзгармайди. Бу эса потенциаль майдони юқори бўлган синусоидал каналда 0,6 ммоль/г миқдорида о-ксилолнинг адсорбцияланиши билдиради. 0,6 ммоль/г о-ксилол цеолитнинг тўғри каналида адсорбцияланиб энтальпия о-ксилолнинг конденсация иссиқлигигача камаяди ва 1,8 ммоль/ тўла адсорбция билан жараён тугайди.

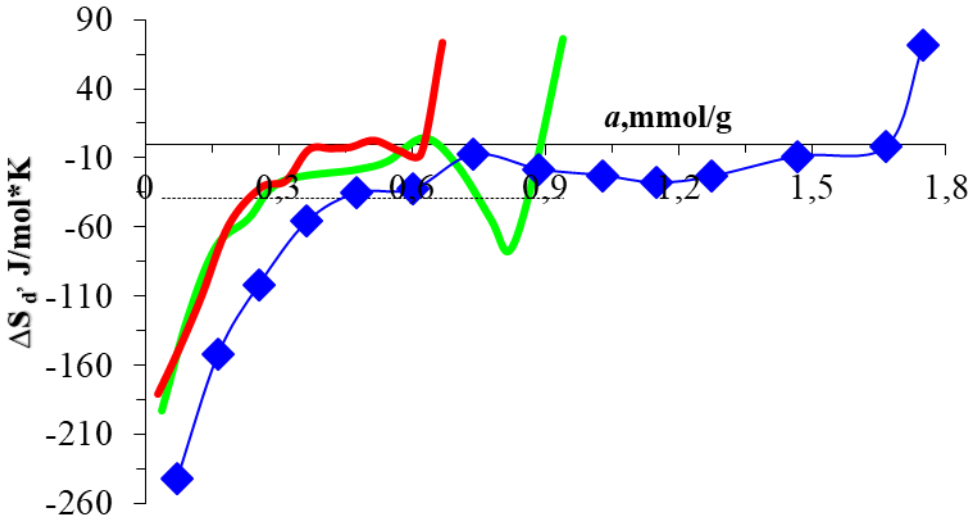
2-расмда AgZSM-5 цеолитида о-ксилол дифференциал молли энтропияси ўзгаришининг адсорбция қийматлари билан боғлиқлиги кўрсатилган. О-ксилол адсорбциясининг молли дифференциал энтропияси (ΔS_d), Гиббс – Гельмгольц тенгламаси асосида адсорбциянинг изотермаси ва дифференциал иссиқликларидан ҳисобланган. Адсорбция энтропия ўзгариши ҳам 3 та тенг, 0,6 ммоль/г гача бўлган биринчи ҳудуд, 1,2 ммол/г гача бўлган иккинчи ҳудуд ва 1,8 ммоль/г гача бўлган учинчи ҳудудларга бўлинган. Умуман олганда энтропия ўзгаришидаги экстремумлар адсорбция дифференциал иссиқлиги ва изотерма ўзгаришига тўла мос келади. Шунингдек, энтропия ўзгариши ZSM-5 цеолитининг

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

мис катионли шаклидаги энтропия ўзгаришига параллел равишда ўзгаради. Cu^{2+}ZSM-5 цеолитининг кимёвий таркибига асосан мис катионларининг миқдори кумуш катионли русуми каби 0,3 ммоль/г га тенг.



2-расм. 303 К да Ag^+, Cu^{2+} ва Cs^+ катионли ZSM-5 цеолитларида о-ксилол адсорбция энтропияси (ΔS_d). Суюқ о-ксилол энтропияси нолга тенг деб қабул қилинган.

Шунинг учун улардаги адсорбция энтропия ўзгариши параллел чизиқдан иборат, яъни мис ва кумуш катионли русумларида ҳар бир ҳосил бўладиган ион-молекуляр механизмлардаги адсорбция миқдори бир бирига тенг (0,3 ммоль/г ва 0,6 ммоль/г). 0,3 ммоль/г адсорбция қийматигача, яъни $1C_8H_{10}$:Ag^+ комплекс ҳосил бўлгунча энтропия ўзгариши минимум қийматидан кескин ортса, 0,6 ммоль/г адсорбциягача, яъни $2C_8H_{10}$:Ag^+ ион- молекуляр комплекс бўлишида энтропия нисбатан кам ўзгаради. Аммо бу цеолитнинг цезий формасида (унинг кимёвий таркибига кўра цезий катионининг миқдори 0,577 ммоль/г га тенг) о-ксилол адсорбциясининг энтропия ўзгариши ҳам бошланғич соҳада (0,6 ммоль/г гача) кумуш ва мис катионлари формасига мос келади. Цезий катионларининг миқдори деярли икки мартага кам бўлишига қарамай энтропия ўзгаришинипг мос келиши, цеолитнинг цезий катионли формаси о-ксилол молекулалари билан сэндвич кўринишидаги $1C_8H_{10}$:$2Cs^+$ ион-молекуляр комплекслар ҳосил бўлади [7,8]. Кейинги о-ксилол молекулалари цезий катионли цеолитнинг катионсиз, яъни силикалитда қисмида адсорбцияланади.

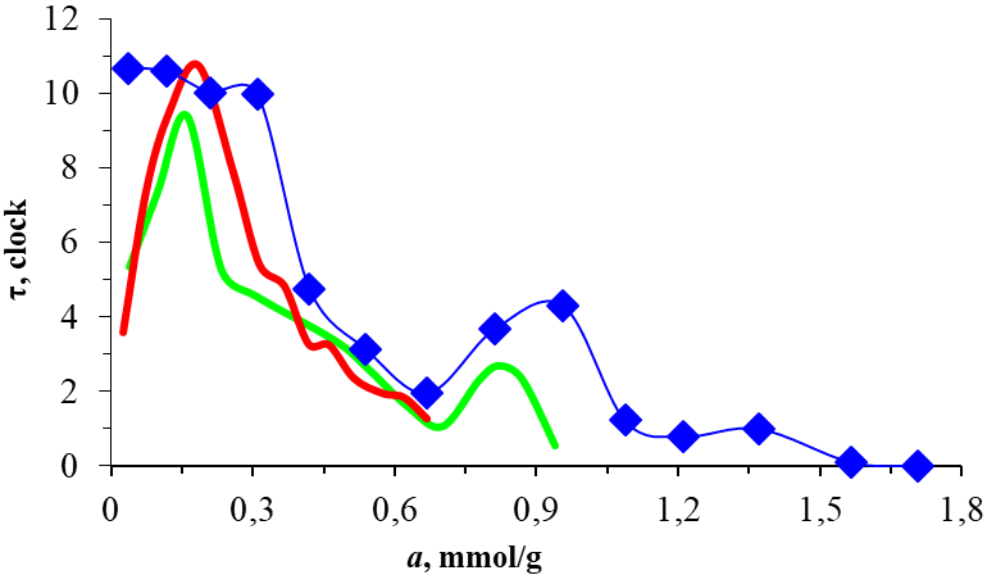
AgZSM-5 цеолитида о-ксилол адсорбциясининг бошланғич соҳасида энтропия ўзгариши 0,07 ммоль/г адсорбция миқдорида -242 Ж/моль·К га тенг бўлиб, о-ксилол молекулаларининг ниҳоятда локаллашган бўлади. Сорбцион ҳажмнинг тўйинишига мос равишда энтропия ўзгариши кескин -35 Ж/моль·К гача ортади ва 0,6 ммоль/г гача ўзгармайди. Энтропия ва адсорбциянинг бу қийматида о-ксилол молекулалари кумуш катионлари билан биринчи координацион сферада димер $2C_8H_{10}$:Ag^+ ион-молекуляр механизмини ҳосил қилади. Кейинги о-ксилол молекулаларининг иккинчи координацион сферадаги адсорбциясида дастлаб энтропия ўзгаршини 0,74 ммоль/г адсорбцияда -8 Ж/моль·К гача ортишига, сорбцион ҳажмнинг о-ксилол молекулалари билан тўлиши билан энтропия ўзгариши чизиқли камайиб 1,2 ммоль/г да ўзининг иккинчи минимуми -30

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

Ж/моль·К га тенг бўлади. 1,2 ммоль/г адсорбция миқдоридан сўнг энтропия суюқ о-ксилол энтропиясига ортиб сорбцион жараён тугайди.



3. расм. 303 К да Ag^+, Cu^{2+} ва Cs^+ катионли ZSM-5 цеолитларида о-ксилол адсорбцияси иссиқлик мувозанат вақти.

Биринчи координацион сферада димер $2C_8H_{10}:Ag^+$ ион-молекуляр комплекси ҳосил бўлишидаги ўртача энтропия ўзгариши -137 Ж/моль·К га тенг. Бу о-ксилол молекулалари ҳаракатчанлигининг ниҳоятда чегараланганлигини, яъни о-ксилол молекулаларининг тормозланган ҳолатда бўлишини, адсорбатнинг цеолит матрицасида мустаҳкам жойлашганлигидан далолат беради.

Энтропия ўзгариши графигидан мантиқан 0,6 ммоль/г адсорбциягача ўртача энтропия ўзгариши -137 Ж/моль·К га ва 0,6 ммоль/г адсорбция миқдоридан кейинги ўртача энтропия ўзгариши -18 Ж/моль·К га тенг эканлигидан юқорида кўрсатилган адсорбат:адсорбентнинг ўзаро 2:1 нисбатдаги ион-молекуляр механизмли комплексни, сўнг цеолитнинг силикалит, яъни тўғри ва зигзаг кўринишдаги каналларда адсорбцияланиши яққол намоён бўляпти.

Умумий жиҳатдан цеолитдаги адсорбат ҳолатининг тавсифи бу адсорбциянинг ўртача молли интеграл энтропияси бўлиб о-ксилол да -40 Ж/моль·К га тенг. Бу эса о-ксилол нинг кумуш катионли ZSM-5 матрицасидаги ҳолати тормозланганлигидан далолат беради.

AgZSM-5 цеолитида о-ксилол адсорбция миқдорининг иссиқлик мувозанат вақтига боғлиқлиги 3-расмда берилган бўлиб энергетик тавсифларга тўла мос келади. Бошланғич соҳада 0,07 адсорбция миқдорида мувозанат вақти 10,7 соатга, ~0,3 ммоль/г адсорбция миқдоригача иссиқлик мувозанат вақтининг ўртача қиймати ~10 соатга тенг. Юқоридаги таҳлил каби цеолитнинг кимёвий таркибига асосан кумуш катионларининг миқдори 0,3 ммоль/г га тенг, яъни мономер $1C_8H_{10}:Ag^+$ ион-молекуляр механизм ҳосил бўлишидаги иссиқлик мувозанат ўрнатилиш вақти ниҳоятда секин амалга ошади ва у ўртача ~10 соатга тенгдир. Бунинг сабаби цеолит матрицасида кумуш катионларининг бутун ҳажмда тарқалгани ва мономер $1C_8H_{10}:Ag^+$ ион-молекуляр механизм ҳосил бўлишида бу катионларнинг цеолитни тўғри ва зигзаг

каналлари кесишмасига миграциясидир, яъни бу жараён кўп вақт талаб этади. Шунингдек, нисбатан кичик ўлчамларга эга бўлган каналлар орқали о-ксилол нинг йирик молекулалари ҳаракатидаги мураккабликлар билан боғлиқ.

Адсорбат-адсорбент 1:1 нисбатдаги механизмдан сўнг иссиқлик мувозанат вақти 0,6 ммоль/г адсорбция миқдорида 2 соатгача кескин камаяди. Кейинги о-ксилол молекулалари адсорбцияси мувозанат вақти дастлаб 0,9 ммоль/г адсорбция миқдорида 4,5 соатгача ортади, 1,2 ммоль/г адсорбция миқдорида 50 минутгача камаяди. Кейинги о-ксилол молекулаларининг сорбцион иссиқлик мувозанат вақти деярли нолгача камайиб сорбцион жараён тугайди. Умумий ҳолда о-ксилол нинг кумуш катионли ZSM-5 цеолитида цезий ва икки валентли мис катионли русумларидаги иссиқлик мувозанати вақтидан юқорида жойлашган. Табиийки бу кумуш катиони ва о-ксилол молекуларининг ўзаро таъсири юқорида кўрсатилган катионларга нисбатан заиф бўлганлиги сабаблидир.

ХУЛОСА. AgZSM-5 цеолитида бензол ва о-ксилол молекулаларининг бошланғич соҳадан тўйинишгача бўлган адсорбциясининг асосий термодинамик тавсифлари, изотермаси тадқиқ этилди ва сорбцион механизмлари аниқланди.

AgZSM-5 цеолитида бензол ва о-ксилол молекулаларининг адсорбция иссиқлик мувозанати вақти кумуш катионларининг цеолитни тўғри ва синусоидал каналларининг кесишиш қисмида мономер ион-молекуляр механизм ҳосил бўлишигача ниҳоятда секин (10-12 соатда) амалга ошиши аниқланди. Цеолит каналлари кесишмаларида бензол ва о-ксилол молекулалари кумуш катионлари билан турли нисбатдаги, яъни бензол тример $3C_6H_6{:}Ag^+$ ва о-ксилол димер $2C_8H_{10}{:}Ag^+$ ион-молекуляр комплекслар ҳосил қилиши исботланди.

AgZSM-5 цеолитининг ҳар бир элементар ячейкасидаги кумуш катионлари билан ўртача 5,2 та бензол молекулалари, 3,5 та о-ксилол молекулалари адсорбцияланиши кузатилди. Адсорбция изотермалари уч ҳадли микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси (МҲТН) тенгламаси ёрдамида тавсифланди.

Ўртача энтропия қийматларидан бензол ва о-ксилол молекулаларининг ҳаракатчанлиги чекланганлиги, шунингдек уларнинг ҳолати ниҳоятда локаллашганлиги ва қаттиқ ҳолатда бўлиши аниқланди.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. T. Abdulkhaev, Sh. Kuldasheva, F. Rakhmatkarieva, R Determination of water adsorption mechanisms in NH_4ZSM-5 and HZSM-5 zeolites // E3S Web of Conferences 390, 05024 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339005024 AGRITECH-VIII 2023

2. Abdulxayev T.D., Shakhnoza Kuldasheva , Gulnara Raximova , Mukarram Aripova and Sherzod Toshev. Thermodynamic values of the adsorption of methanol and ethanol molecules in zeolite NH4ZSM-5// 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

3. С.Қурбонов, Х.Н.Бахронов Силикалитда бензол адсорбциясининг энергетикаси //Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси- Ёш олимларнинг анъанавий илмий конференцияси материаллари, Тошкент, 2004 й., 68-70 бет.

4. Bakhronov Kh.N., Ruzimova G.X. Heats and entropy of ortho-xylene adsorption in CuZSM-5 (Теплоты и энтропия адсорбции о-ксилол а в CuZSM-5) //International Conference on Advance Research in Humanities, Sciences and Education, Hosted from Sydney, Australia https://confrencea.org August 15th 2022, pp.110-111.

5. Bakhronov Kh.N., Yunusova R.G. Thermokinetics of meta- and orta-xylene adsorption in zeolite Cu2+ZSM-5 (Термокинетика адсорбции мета- и о-ксилол а в цеолите Cu2+ZSM-5) //International Conference on Advance Research in Humanities, Sciences and Education Hosted from London, the UK https://confrencea.org May 10th 2022

6. Bakhronov Kh.N., Sobirjonova S.T. Moral differential entropy of adsorption meta-xylene in zeolite CuZSM-5 //International Conference on Advance Research in Humanities, Sciences and Education Hosted from Istanbul, Turkey https://confrencea.org July 15th 2022, pp.222-224

7. O. Ergashev, Kh. Bakhronov, N. Akhmedova, Sh. Abdullayeva, S. Khalilov, K. Kholikov, E3S Web of Conferences 401, 02023 (2023)

8. Kh. Bakhronov, O. Ergashev, A. Sultonov, H. Kholmedov, A. Ganiev, M. Asfandiyorov, E3S Web of Conferences 401, 02025 (2023)