

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

---

ФАРҒОНА ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

**FarDU.  
ILMIY  
XABARLAR-**

1995 йилдан нашр этилади  
Йилда 6 марта чиқади

5-2019

**НАУЧНЫЙ  
ВЕСТНИК.  
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года  
Выходит 6 раз в год

Аниқ ва табиий фанлар

МАТЕМАТИКА

<b>Ю.П. Апаков, А.Х. Жураев</b> Каррали характеристикали бешинчи тартибли бир тенгламанинг чекли соҳадаги ечими ҳақида .....	5
<b>М.Мамажонов, С.М. Мамажонов</b> Бешбурчакли соҳадаги тўртинчи тартибли параболик – гиперболик турдаги тенглама учун битта чегаравий масала ҳақида .....	11
<b>Ж.О.Тахиров</b> Амалий математиканинг баъзи замонавий муаммолари ҳақида .....	19

ФИЗИКА, ТЕХНИКА

<b>Максудов Р.Х., Джураев А., Шухратов Ш., Холдоров Ш</b> Пахта тозалагичнинг ишчи органлари динамикасини ўрганиш .....	27
<b>О.Қ. Деҳқонова</b> Умумий ўрта таълим мактабларида физика ва математика фанлари узвийлигининг таҳлили .....	33

КИМЁ

<b>О.Эргашев, М.Коххаров, Э.Абдурахмонов</b> СаА (М-22) цеолитида карбонат ангидрид гази адсорбциясининг энергетикаси .....	36
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

БИОЛОГИЯ, ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ

<b>М.Ҳолиқов, Ё.Аҳмедова</b> Фарғона водийсидаги қушларнинг географик тарқалиши ва муҳофазаси .....	41
<b>Х.М. Шодмонов, Н.З. Сотволдиев, И.А.Ақбаров</b> Уй шароитида анордан шарбат ва компот тайёрлаш технологияси .....	43

ГЕОГРАФИЯ, ТУПРОҚШУНОСЛИК

<b>Ғ.Юлдашев, Г.Сотиболдиева</b> Суғориладиган қолмақалланган оч тусли бўз тупроқлар агрокимёвий хоссаларининг ўзгариши .....	46
<b>М.Т.Исағалиев, З.Ж.Исомиддинов</b> Суғориладиган сур тусли қўнғир тупроқлар биогеокимёси .....	51
<b>В.Ю.Исақов, А.Н.Хошимов</b> Сўх конус ёйилмаси тупроқларининг экологик мелиоратив ўзгаришлари .....	57

Ижтимоий-гуманитар фанлар

ИҚТИСОДИЁТ

<b>О.Умаров</b> Худудларда иқтисодий мустақамлик заҳирасини яратишнинг самарадорлиги .....	61
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----

ТАРИХ

<b>З.Й.Эсонов</b> Фарғона водийси ҳунармандларининг пирлар билан боғлиқ эътиқодий қарашлари .....	63
<b>А.Абдухалимов</b> Мустақиллик йилларида водий вилоятларида оналик ва болаликни муҳофаза қилиш муаммолари .....	67
<b>М.М.Темирова</b> Фарғона вилоят радиоси тарихига доир айрим мулоҳазалар .....	70
<b>Ш.Махмудов</b> Қўқон хонлигида хорижий давлатларнинг элчиларини қабул қилиш: анъаналар ва ўзига хослик .....	74
<b>А.Юлдашев</b> Мустақиллик йилларида Ўзбекистонда раҳбар ва бошқарув кадрлар тайёрлаш тизимининг тадқиқотларида ақс этиши .....	77

ФАЛСАФА, СИЁСАТ

<b>М.М.Юлдашев, Ш.А.Рахимов</b> Европа мамлакатларида ёшлар сиёсати: амалиёт ва тажриба .....	80
<b>З.Р.Қадирова, А.А.Қамбаров</b> Ижтимоий фикрлар тарихида тафаккур услуби масаласи .....	84
<b>Р.Рўзиева, Н.Эшонқулова, Н.Бобоназарова</b> Илмий билиш бахт-саодатга интилиб, ахлоқий маданияти юксалишида муҳим омил .....	87

УДК: 536.658:541.183

**CaA (M-22) ЦЕОЛИТИДА КАРБОНАТ АНГИДРИД ГАЗИ АДСОРБЦИЯСИНИНГ ЭНЕРГЕТИКАСИ****ЭНЕРГЕТИКА АДСОРБЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ЦЕОЛИТЕ CaA (M-22)****ENERGETICS OF CARBON DIOXIDE GAS ADSORPTION IN ZEOLITE CaA (M-22)****О.Эргашев, М.Коххаров, Э.Абдурахмонов****Аннотация**

CaA (M-22) цеолитида карбонат ангидрид адсорбцияси дифференциал иссиқлиги, изотермаси, дифференциал энтропияси ва термокинетикаси 303 К ҳароратда ўлчанди. Олинган натижалар асосида CaA (M-22) цеолитида карбонат ангидрид адсорбцияси бошланғич тўлдиришдан то тўйинишгача бўлган механизм батафсил ёритиб берилди. Адсорбция изотермаси МХТН тенгламаси ёрдамида тавсифланди.

**Аннотация**

Дифференциальные теплоты, изотерма, дифференциальная энтропия и термокинетика адсорбции углекислого газа в цеолите CaA (M-22) измерены при температуре 303 К. На основе полученных результатов, раскрыт детальный механизм адсорбции углекислого газа в цеолите CaA (M-22) от нулевого заполнения до насыщения. Изотерма адсорбции охарактеризована при помощи уравнения ТОЗМ.

**Annotation**

Isotherm, differential heats, entropy and thermo kinetics of carbon dioxide adsorption in CaA (M-22) élite were measured at 303K. The detailed mechanism of carbon dioxide adsorption in CaA (M-22) zeolite from zero filling to saturation was discovered. The adsorption isotherm was quantitatively reproduced by VOM theory equations.

**Таянч сўз ва иборалар:** изотерма, иссиқлик, энтропия, термокинетика, ион-молекуляр комплекслар, CaA (M-22) цеолит, CO<sub>2</sub>, адсорбцион калориметр.

**Ключевые слова и выражения:** изотерма, теплоты, энтропия, термокинетика, ион-молекулярные комплексы, цеолит CaA (M-22), CO<sub>2</sub>, адсорбционный калориметр.

**Keywords and expressions:** isotherm, heats, entropy, thermokinetics, ion-molecular complexes, CaA (M-22) zeolite, CO<sub>2</sub>, adsorption calorimeter.

**Кириш.** Цеолитлар ҳозирги кунда табиий газларни қуритишда, нефть ва нефть маҳсулотларини қайта ишлаш саноатида катализаторлар сифатида қўллашда ва уларни тозалашда муҳим адсорбентлар сифатида кенг ишлатилади. Цеолитларнинг каталитик фаоллигини илмий асослаш учун замонавий талабларга жавоб берадиган илмий тадқиқот усулларидан фойдаланган ҳолда цеолитларда борадиган адсорбция жараёнларининг назарий асосларини мунтазам равишда фундаментал тадқиқ қилиш зарур. Ҳозирги кунда цеолитларнинг саноат миқёсида кенг қўлланилиши ва катализаторлар сифатида ишлатилиши кўпчилик тадқиқотчиларнинг қизиқишларига ва изланишларига сабаб бўлмоқда [1,3-8].

Цеолитларда турли супербўшлиқлар мавжудлиги сабабли карбонат ангидрид адсорбцияси сабаблари бўйича кўплаб тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шунинг учун бир гуруҳ тадқиқотчи олимлар ишлаб чиқариш жараёнларида табиат ва атроф муҳит муҳофазаси муаммоларининг олдини олиш мақсадида атмосферага чиқариб юбориладиган

зарарли газлардан карбонат ангидрид, шунингдек, табиий газ сифатини яхшилаш бўйича илмий изланишлар олиб боришиб, ўз илмий хулосаларида CaA цеолити ғовақларига карбонат ангидрид молекулаларининг мустақкам адсорбцияси тўғрисида тадқиқотлар олиб боришган [2,14-17; 3,14-27].

Адсорбентга адсорбат молекулаларининг ўзаро боғланишини ўрганишда прецизион структура-сезувчи усуллар ўртасида адсорбцияли калориметр усулига жуда катта эътибор қаратиш лозим. Мазкур усулда тадқиқотлар олиб борилиши юза қисмининг кристаллохимияси, шунингдек, қаттиқ жисм юзасида фаол марказларда молекулаларо бирикиш механизмларининг муаммоли масалаларини ечиш имконини беради [4, 89-92].

А типли цеолитда кубооктаэдрлар оддий кубсимон панжарани ҳосил қилади [1,3-8; 3, 314-319; 4,89-92; 5,866]. Ҳар бир кубооктаэдр олти қўшни тўртта аъзоли кислородли

**О.Эргашев** – Наманган муҳандислик технологиялари институти, кимё фанлари доктори.

**М.Коххаров** – ЎзРФА, Умумий ва ноорганик кимё институти, таянч докторант (PhD).

**Э.Абдурахмонов** – ЎзРФА, Умумий ва ноорганик кимё институти, кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD).

## КИМЁ

кўприклар билан бирлашган. Саккизта кубооктаэдр орасидаги бўшлиқлар эса катта ғовакларни ташкил этади.

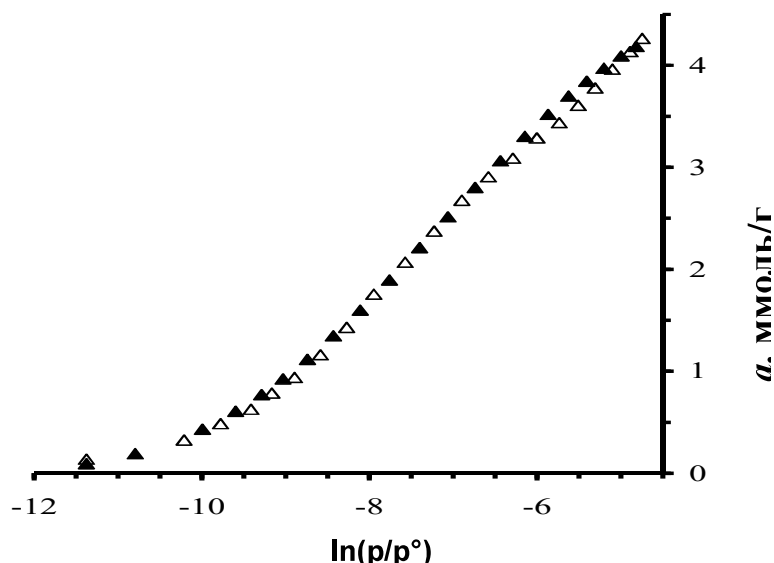
Элементар кубсимон ячейка  $12,30 \text{ \AA}$  ўлчамга эга. Энг катта бўшлиқ, яъни кириш ойнаси ўлчами  $5 \text{ \AA}$  ни ташкил этади. Ушбу цеолитларнинг кириш ойнасининг ўлчами  $5 \text{ \AA}$  эканлигини ҳисобга олиб, карбонат ангидрид молекуласининг ўлчами  $3,1 \text{ \AA}$  ва диаметрининг узунлиги  $4,1 \text{ \AA}$  эканлигини инобатга олсак, адсорбция механизмининг яхши боришини кузатиш мумкин.

А типидagi цеолитларнинг 1 грамм миқдоридa катта бўшлиқдаги ғовакларнинг сони  $3,53 \cdot 10^{20}$  бўлиб, катта бўшлиқдаги ғовакларнинг ўлчами  $776 \text{ \AA}^3$  ни, кичик бўшлиқларининг ўлчамлари эса  $150 \text{ \AA}^3$  [5, 866; 6, 1183] миқдорини ташкил қилади.

**Тадқиқот усуллари ва объектлари.** Тадқиқотнинг объекти сифатида танлаб олинган СаА (М-22) цеолитининг тузилиши бўйича формуласи қуйидагича, яъни  $\text{Ca}_{2,975}\text{Na}_{1,194}(\text{SiO}_2)_{12}(\text{AlO}_2)_{12}$ . Юқори вакуумли адсорбцияли дифференциаллаштирилган ДАК-1А маркадаги калориметрик қурилмада СаА (М-22) адсорбентига карбонат ангидрид

молекулаларининг адсорбция хусусиятлари ўрганилди [7,10-31;8,423-430]. Тажриба дастлаб 8 соат давомида  $450^\circ\text{C}$  ҳароратда М-22 цеолити адсорбенти вакуумли насос ва диффузион насос ёрдамида  $10^{-6}$  (босимни ўлчов бирлиги) босим ҳосил бўлгунича ҳавоси сўриб олинади. Адсорбат (ютилувчи модда) сифатида олинган карбонат ангидрид ҳам вакуум ҳолатигача ҳавоси чиқарилиб тозаланди, шиша най орқали тозаланган турли хил адсорбатлардан ўтказилди ва қуруқ газ ҳолатида эксперимент олиб бориш учун тайёрланди. Тадқиқот ишлари юқори вакуумли адсорбцияли қурилмада ҳажмий усулда олиб борилди.

**Олинган натижалари ва муҳокамалар.** Адсорбциянинг изотермаси ҳажмий усулда ўлчанган. Ўлчанган изотермалар хатолигининг аниқлик даражаси 0,1 % ни, адсорбция иссиқлиги эса 1% ни ташкил қилади. СаА (М-22) цеолитида  $\text{CO}_2$  адсорбцияси изотермаси 303 К да  $\ln(p/p^\circ)$  формуласи ( $p^\circ=54806 \text{ torr}$ ,  $p^\circ= \text{CO}_2$  газининг 303К ҳароратда тўйиниш босими) бўйича ҳисобланган. Адсорбция миқдори ммоль/г да ифодаланиб, тадқиқот натижалари 1-расмда келтирилган.



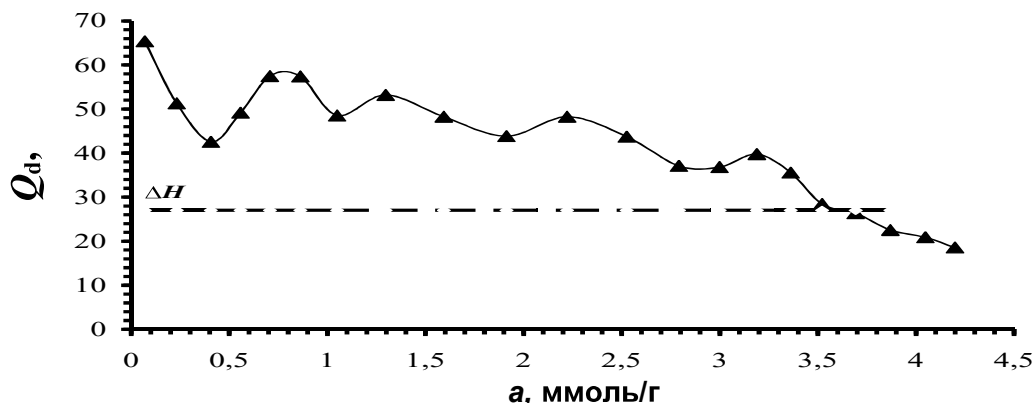
1-расм. 303 К да СаА (М-22) цеолитида  $\text{CO}_2$  адсорбцияси изотермаси  $\Delta$ -эксперимент қиймат;  $\blacktriangle$ -МХТН тенгламаси орқали ҳисобланган

СаА (М-22) туркумига мансуб цеолитга  $\text{CO}_2$  газ молекулаларининг адсорбция изотермаси дастлаб 1 ммоль/г га етгунича секинлик билан ошиши кузатилиб, 4,5 ммоль/г бўлгунича тўғри чизик бўйича даврий ошиб бориши кузатилади. Адсорбция изотермасининг 1 ммоль/г миқдорига етгунича даврий ошиб боришини карбонат ангидрид молекулаларини цеолит супербўшлиқлари ичига кириб бориши билан, кейинчалик тўғри

чизик бўйлаб ошиб боришини эса цеолит ғовакларининг тўлиши билан изоҳлаш мумкин. СаА (М-22) типли цеолитга  $\text{CO}_2$  газининг адсорбция изотермаси икки ҳадли микроғовакларнинг тўйиниш назарияси тенгламаси ёрдамида (МХТН) тавсифланди [9, б.1-70, 10, б.2644-2645].

$$a = 39,84 \exp[(A/20,58)^4] + 8,71 \exp[(A/16,58)^4]$$

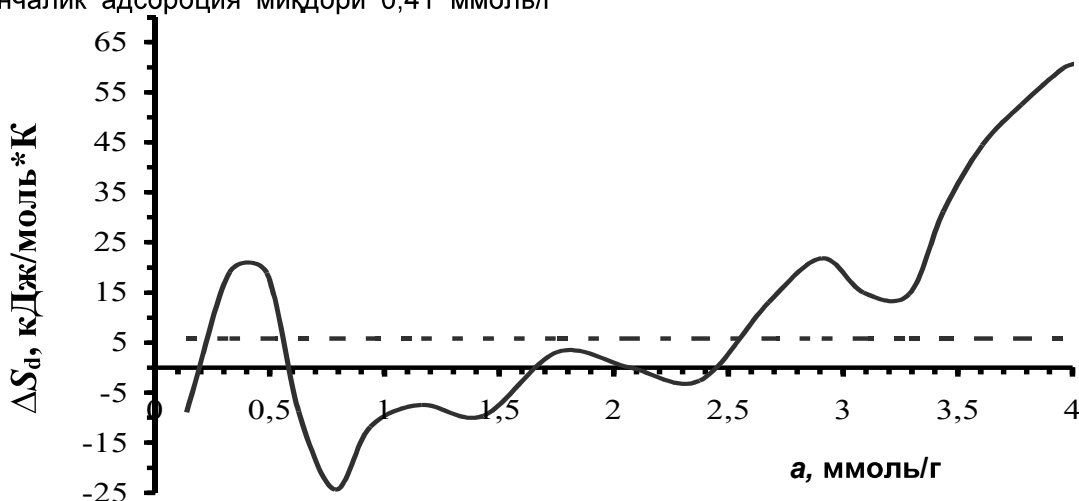
$a$  – микроғовакларда адсорбция (ммоль/г),  $A = RT \ln (P^0/P)$ -эркин энергия иши (кЖ/моль).



2-расм. 303К температурада СаА (М-22) цеолитида СО<sub>2</sub> адсорбцияси дифференциал иссиқлиги. Горизонтал штрих чизик конденсация

303 К ҳароратда СаА (М-22) типидаги цеолитга СО<sub>2</sub> газиде адсорбциясининг ( $Q_d$ ) дифференциал иссиқликка боғлиқлик эгрилиги 2-расмда келтирилган. Узук-узук тўғри чизиклар 303 К ҳароратда ( $\Delta H_v = 27$  кЖ/мол)да углерод (IV) оксидининг конденсацияланиш иссиқлиги келтирилган. СаА (М-22) цеолити учун дифференциал иссиқлик миқдори  $Q_d \sim 65,37$  кЖ/моль миқдордан бошланади. Бунда адсорбция миқдори 0,07 ммоль/г ни ташкил этади, тадқиқот ишининг кейинги босқичларида дифференциал иссиқлик миқдори 42,58 кЖ/молгача пасаяди ва бунда адсорбция миқдори 0,41 ммоль/г ни ташкил этади. Адсорбция миқдори, 2,8 ммоль/га етганда, дифференциал иссиқлик миқдори  $Q_d$  57,4 дан 37 кЖ/молгача камайиши кузатилади. Кейинчалик адсорбция миқдори 0,41 ммоль/г

ва 1,05 ммоль/г лар оралиғида дифференциал иссиқлик миқдори 42,58 кЖ/молдан 48,55 кЖ/моль оралиғида бўлади. Адсорбция миқдори 0,41 ммоль/гдан 3,52 ммоль/г гача бўлганда, дифференциал иссиқлик тўлқин шакли кўринишида бўлади ва 42,58 дан 28,44 кЖ/молгача ўзгариб туради. Жараён охирида, яъни 4,20 ммоль/г да иссиқлик конденсация қийматига тенглашиши кузатилади. СаА (М-22) цеолити жами 4,2 ммоль/г (7 СО<sub>2</sub>/эя ) СО<sub>2</sub> газиде молекуласини адсорбциялайди. СаА (М-22) цеолити бўшлиқлари марказлари турли хил энергия жиҳатидан тўйинмаган координациялар Са<sup>+</sup> катионларига СО<sub>2</sub> молекулаларини ва бўшлиқлардаги ҳар бир поғоначаларга стехиометрик ўлчовлар бўйича адсорбциялайди.

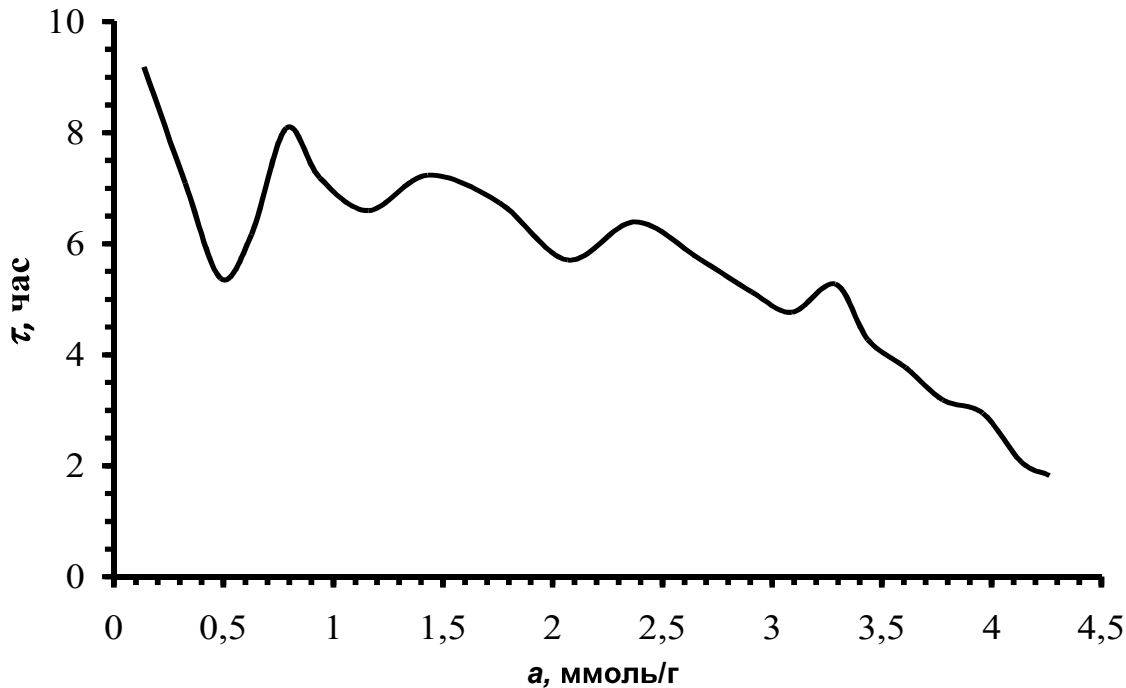


3-расм. 303К температурада СаА (М-22) цеолитида СО<sub>2</sub> адсорбцияси дифференциал энтропияси. Горизонтал штрих чизиклар – ўртача интеграл энтропия.

## КИМЁ

Адсорбция жараёнининг миқдорий тавсифи учун калориметрик маълумотлар асосида 5 та бўлимга эгри чизиқ  $Q_d$  бўйича бўлинади: 0.79-0.14 дан ммоль/ггача (1 молекула  $CO_2$ ), 1.43-0.79 дан ммоль/г гача (1 молекула  $CO_2$ ), 2.37 -1.43 дан ммоль/г гача (1 молекула  $CO_2$ ), 3.29-2,378 дан ммоль/г гача (1 молекула  $CO_2$ .) ва охирида, 3.29-3.96 ммоль/г гача (1 молекула  $CO_2$ .) 3-расмда 303 К да СаА (М-22) га  $CO_2$  адсорбцияси ( $\Delta S_d$ )нинг дифференциал энтропияси кўрсатилди. Дастлабки  $CO_2$  адсорбция жараёнида энтропия суюқ ҳолатда бўлади. Умуман олганда, адсорбциянинг бошида ва ўрта қисмларида  $CO_2$  суюқ ҳолатда бўлади.

СаА (М-22) га  $CO_2$  адсорбциясида эгри чизиқлар кўринишидаги адсорбция



4-расм. 303 К температурада СаА (М-22) цеолитида  $CO_2$  адсорбцияси мувозанат вақти

4-расмда СаА (М-22) цеолитига  $CO_2$  молекулаларининг адсорбцияланиши графиги келтирилган. Бунда дастлаб мувозанат вақти юқори бўлади. Дастлаб 9 соатда мувозанат қарор топади. Адсорбция миқдори 0,49 ммоль/гга етганда, мувозанат вақти 5, 38 соатни ташкил қилади. Бу ҳолатда цеолит ғовакларига  $CO_2$  молекулаларининг тақсимланиши учун мувозанат вақти кўпроқ кетади. Кейинчалик мувозанат вақти аста-секин кўтарилиб, тўлқинсимон кўринишда 4,76 соатгача камайиши кузатилади ва бу ҳолатларда адсорбция миқдори 0.14-3.44 ммоль/г оралиғига тўғри келади. Кейинчалик

дифференциал иссиқлиги ва энтропияси бошланғич босқичдан зудлик билан 18,95 Ж/моль\*К гача кўтарилиб, ундан кейин биринчи икки қисмга максимал ва минимал қийматларга ўтади ва учинчи бўлимда секинлик билан камаяди. Жараён охирида адсорбция энтропияси кескин -22 Дж/моль\*К гача пасайиб, кучли адсорбцияланади. Охирги босқичда  $CO_2$  молекулаларининг тўрттаси бирикиб, бешта  $Ca^+$  катионларига тўрт ўлчамли кластерларнинг кучли локализацияланиши кузатилади. СаА (М-22) цеолитига ўртача интеграл энтропия 5,82 Дж/моль\*Кни ташкил этади, бу эса адсорбцияланган  $CO_2$  молекулалари ҳаракатланиши суюқ ҳолатидаги  $CO_2$  дан анча юқоридир.

мувозанат вақтини кескин, бир соатдан бир неча дақиқага тушиб кетиши кузатилади.

**Хулоса.** Барча босқичлар цеолит супербўшлиқларидаги  $Ca^{2+}$  катионларига стехиометрик қонуниятлар асосида карбонат ангидрид молекулалари адсорбцияланишидан далолат беради. СаА (М-22) цеолитига жами 4,2 ммоль/г карбонат ангидрид газни адсорбцияланади. СаА (М-22) цеолитига, карбонат ангидрид молекулалари адсорбция энтропияси суюқ ва газ ҳолатида бўлади. Дастлабки мувозанат вақти юқори бўлади, кейинчалик аста-секинлик билан мувозанат вақти камайиб боради. Цеолит ғоваклари тўйиниши билан мувозанат вақти камайишини

адсорбат билан арсорбат молекулаларини ўзаро таъсири боғланишлари билан изоҳлаш мумкин. СаА (М-22) цеолитига CO<sub>2</sub> молекулалари адсорбцияси адсорбцион хусусиятларини ўрганиш жараёнида, яъни дифференциал иссиқлик, изотерма, энтропия

ва мувозанат вақти қийматларини солиштирганда термодинамик хусусиятларининг бир-бирига мослиги аниқланди.

#### Адабиётлар:

1. G.U. Raxmatkariyev, E.B. Abduraxmonov, F.G. Raxmatkariyeva, G.A.Doliyev. Energetika adsorbsii ammiaka v seolite LiX // Uzb. xim. jurn. -2017. №5.
2. Yang, H.; Xu, Z.; Fan, M.; Gupta, R.; Slimane, R. B.; Bland, A. E.; Wright, I., Progress in Carbon Dioxide Separation and Capture: A Review. Journal of Environmental Sciences-China. 2008, 20.
3. Montanari, T.; Finocchio, E.; Salvatore, E.; Garuti, G.; Giordano, A.; Pistarino, C.; Busca, G., Co(2) Separation and Landfill Biogas Upgrading: A Comparison of 4a and 13x Zeolite Adsorbents. Energy. 2011, 36.
4. O.K.Ergashev. Sodalitda ammiak adsorbsiyasi energetikasi // Kompozitsion materaillar. №3. 2018
5. Dubinin M.M. Sostav elementarnix yacheek i predelnie adsorbtsionnie ob'emi degidratirovannih kristallov sinteticheskix tseolitov //Dokl. AN SSSR, -1961.t.138.
6. Dubinin M.M. Sopotavlenie vichislennih i eksperimentalnih velichin adsorbtsii i asorbtsionnih ob'emov dlya sinteticheskix tseolitov tipa A //Izv. AN SSSR, seriya him., -1961.
7. B.F. Mentzen, G.U. Rakhmatkariyev. Host/Guest interactions in zeolitic nonostructured MFI type materials: Complementarity of X-ray Powder Diffraction, NMR spectroscopy, Adsorption calorimetry and Computer Simulations // Узб. хим. журнал. 2007, №6.
8. U. Rakhmatkariyev. Mechanism of Adsorption of Water Vapor by Muscovite: A Model Based on Adsorption Calorimetry // Clays and Clay Minerals, 2006 vol. 54.
9. Dubinin M.M. Physical adsorption of gases and vapors in micropors //Progress in Syrf. membr. Sci., N-Y., London, Academic Press. -1975. -v.9.
10. Raxmatkariyev G.U., Isirikyan A.A. Polnoye opisanie izotermi adsorbtsii uravneniyami teorii ob'emnogo zapolneniya mikropor //Izv.AN SSSR, Ser.xim. -1988. -№11.

(Тақризчи: А.Ибрагимов – кимё фанлари доктори, профессор).