

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ և ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ  
ՂԱԶԻ ԷՅԴԱՆ

ՖՈՒՆԴՈՒՐՈՒ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԶՐԵՐԻ ԱԿՏԻՎԱՑՎԱԾ ԱԾԽՈՎ  
ԵՎ ՑԵՈԼԻՏՆԵՐՈՎ ՄՇԱԿՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ  
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ի.Ղ.04.01 “Երկրաբնապահպանություն” մասնագիտությամբ  
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի  
հայցման ատենախոսության  
ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2013

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГАЗИ ЭЙДАН  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ФУРФУРОЛ  
СОДЕРЖАЩИХ ВОД  
АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ И ЦЕОЛИТАМИ

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности: 24.04.01 «Геоэкология»

Ереван 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի Պետական  
ճարտարագիտական Համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝

քիմ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Գագիկ Հովհաննեսի Թորոսյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

երկր.-հանք. գիտ.դոկտոր, պրոֆեսոր Ռուդոլֆ Գրիգորի Գևորգյան  
տեխ.գիտ.թեկնածու, պրոֆեսոր Արտաշես Վահանի Թադևոսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

ՀՀ ԳԱԱ ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ  
Պաշտպանությունը կայանալու է 2013թ. նոյեմբերի 15-ին ժամը 14<sup>30</sup> -ին  
Երևանի Պետական Համալսարանում գործող ԲՈՅ-ի Երկրագիտություն  
005 Մասնագիտական խորհրդի նիստում

Հասցեն 0025 Երևան, Ալեք Մանուկյան 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրը առաքված է 2013թ. հոկտեմբերի 15-ին

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝

երկրա-հանքաբ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Մ. Ա. Գրիգորյան

Тема диссертации утверждена в Государственном инженерном университете  
Армении

Научный руководитель:

доктор химических наук, профессор Гагик Оганесович Торосян

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минерал. наук, профессор Рудольф Григорьевич Геворгян

канд. тех. наук, профессор Арташес Ваганович Тадевосян

Ведущая организация: Институт общей и неорганической химии НАН РА

Защита состоится 15 ноября 2013 г., в 14<sup>30</sup> часов на заседании  
Специализированного совета ВАК 005 “Науки о земле” при ЕГУ  
0025 Ереван, ул. А.Манукяна1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ

Автореферат разослан 15 октября 2013 г.

Ученый секретарь Специализированного совета

канд. геолого-минерал. наук, доцент,

М.А.Григорян

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՈՈՏ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

**Աշխատանքի արդիականությունը:** Արագ տեմպերով աճող արդյունաբերությունը, քաղաքային տնտեսությունը, գյուղատնտեսական արտադրությունն ունեն ջրի զգալի պահանջ, սակայն ջրային պաշարները սահմանափակ են: Վտանգավոր են օրգանական միացություններով՝ նավթամթերքներ, ներկանյութեր, դեղանյութեր, պեստիցիդներ և գյուղատնտեսության մեջ օգտագործվող այլ նյութեր, զանազան լուծիչներ և այլն, աղտոտումները: Այդ նյութերը, լինելով գերազանցապես թունավոր, ազդում են ջրերի մաքրության վրա, խաթարում բնական ինքնամաքման պրոցեսների ընթացքին և արդյունավետությանը, վերօգտագործման հնարավորությանը: Այդ պատճառով նման հոսքաջրերի արդյունարար մաքրման համար նոր տեխնոլոգիական հնարանքների մշակումն ու նրանց հետագա կիրառումն ունեն կարևոր տեսական և գործնական նշանակություն: Դրանք թույլ են տալիս ընձեռնել իրական հնարավորություններ շրջակա միջավայրի պահպանման գործընթացներում:

Ֆուրֆուրոլը տարածված օրգանական միացություն է, որն օգտագործվում է ինչպես դեղանյութերի և նմանօրինակ միացությունների ստացման գործընթացում, այլև լայնորեն կիրառվում է նավթարդյունաբերությունում, որպես նավթի գտման ( ռաֆինացման ) գործընթացում խիստ անհրաժեշտ միացություն: Լինելով թունավոր միացություն, այն ստեղծում է վտանգավոր իրավիճակ շրջակա միջավայրի համար: Այդ պատճառով դրանից ջրերի մաքրման գործընթացը կարևոր այժմեական գործընթաց է:

Մաքրվող հոսքաջրերի բարձր որակի ապահովման համար որպես արդյունարար եղանակ համարվում է սորբման գործընթացը, ինչպես նաև նրա համակցումը մաքրման այլ գործընթացների հետ, օրինակ, կենսաբանականի: Սորբման գործընթացի համար համապատասխան սորբենտների փնտրությամբ, հատկապես, հիմնված տեղական հումքի վրա, ունի կարևորագույն նշանակություն տարածաշրջանային տնտեսական և բնապահպանական զարգացումների համար:

**Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները:** Ներկա աշխատանքում ուսումնասիրված է ֆուրֆուրոլի ադսորբման հնարավորությունը ջրային լուծույթներից տեղական հումքով: Որպես տեղական հումք առաջարկված է Իրանի Բալամնական հանրապետությունում տարածված արմավի /խուրմայի/ կորիզների. և դրանց հիման վրա ստացված ակտիվացված ածխի, ինչպես նաև նախկինում այլ օրգանական նյութերի կլանման համար մեր հետազոտական խմբում օգտագործված դեղձի և ծիրանի կորիզների և դրանց հիման վրա ստացված ակտիվացված ածխի օգտագործումը: Որպես ֆուրֆուրոլի սորբենտ առաջարկված են Հայաստանում և Իրանում լայնորեն տարածված բնական, ինչպես նաև արհեստականորեն ստացված ZSM-5 ցեոլիտների օգտագործումը:

Ատենախոսական աշխատանքի հիմնական նպատակը ֆուրֆուրով աղտոտված ջրերի մաքրման գործընթացի ուսումնասիրումը և համապատասխան տեխնոլոգիայի մշակումն է: Միաժամանակ խնդիր է դրվել ուսումնասիրել ցեոլիտի վրա սորբված ֆուրֆուրովի փոխակերպումը:

Առաջադրված նպատակին հասնելու համար լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- . ստանալ Իրանական արմավի կորիզների հիման վրա ակտիվացված ածուխ,
- . ուսումնասիրել ջրային լուծույթներից արմավի մանրացված կորիզներով և դրանց հիման վրա ստացված ակտիվացված ածխով ֆուրֆուրովի ջրային լուծույթից կլանումը,
- . ուսումնասիրել ջրային լուծույթներից դեղձի և ծիրանի մանրացված կորիզներով և դրանց հիման վրա ստացված ակտիվացված ածխով ֆուրֆուրովի ջրային լուծույթից կլանումը,
- . ուսումնասիրել հայկական և իրանական, ինչպես նաև սինթետիկ ZSM-5 համակարգի ցեոլիտներով ֆուրֆուրովի կլանումը ջրային լուծույթներից,
- . համեմատել մանրացված կորիզների և դրանց հիման վրա ստացված ակտիվացված ածխի, ինչպես նաև ցեոլիտներով ֆուրֆուրովի ադսորբման արդյունավետությունը,
- . իրականացնել ադսորբման գործընթացների կինետիկական վերլուծությունը,
- . ընտրել առավել արդյունարար սորբենտ՝ հաշվի առնելով վերջինիս տնտեսական հարմարավետությունը,
- . մշակել ջրերից ֆուրֆուրովի սորբմամբ մաքրելու սկզբունքային տեխնոլոգիական սխեմա,
- . ուսումնասիրել ֆուրֆուրովի փոխակերպումը ցեոլիտի վրա բարձր ջերմաստիճանում տաքացնելիս:

**Գիտական նորույթ:** Առաջին անգամ ցույց է տրվել ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրովի կլանումը որոշ գյուղատնտեսական մնացուկներով՝ պտուղների կորիզներով, ինչպես նաև նրանցից ստացված ակտիվացված ածուխներով և տեղական ու սինթետիկ ցեոլիտներով:

Առաջին անգամ ցույց է տրվել արմավի ( խուրմայի ) կորիզի կեղևով և նրանից ստացված ակտիվացված ածխով ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրովի սորբման հնարավորությունն ու ակտիվությունը:

Որոշվել են ֆուրֆուրովի ադսորբման բնութագրերը՝ սորբենտների նախնական և սորբատներով հագեցված վիճակների ինչպես գործընթացից առաջ, այնպես էլ սորբումից հետո ջրային մնացորդների հեղուկային քրոմատագրաֆմամբ և ուլտրամանիշակագույն սպեկտրասկոպմամբ:

Իրականացվել է ադսորբման գործընթացի համեմատում ադսորբման հայտնի տեսությունների հետ, և հաստատվել, որ լավագույն

տեսական հենքը այս պարագայում Ֆրեյնդլիխի տեսությամբ մեկնաբանումն է:

Մշակվել է ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի կլանման լաբորատոր եղանակ և տեխնոլոգիական սխեմա:

Առաջին անգամ ցույց է տրվել ֆուրֆուրոլի փոխակերպումը ցեոլիտի վրա այն տաքացնելիս համաձայն Կաննիցարոյի ռեակցիայի:

**Պաշտպանության են դրվում հետևյալ դրույթները:** Հետազոտությունների արդյունքում հիմնավորվել են հետևյալ հիմնական դրույթները.

1. Հաստատել, որ արմավի կորիզների կեղևները և դրանցից ստացված ակտիվացված ածուխը հարմար սորբենտներ են ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի կլանման համար:
2. Հաստատել, որ արմավի կորիզներից ակտիվացված ածխի լավագույն ելքերն ապահովվում են 900°C-ում դրանց կեղևների մշակման դեպքում, առանց որևէ այլ լրացուցիչ անօրգանական նյութի մասնակցության:
3. Հաստատել, որ ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի ադսորբումը տեղի ունի բնական, դրանց ամոնիումային միացություններով մոդիֆիկացված ձևերով և արհեստական ցեոլիտներով:
4. Հաստատել, որ ցեոլիտի վրա սորբված ֆուրֆուրոլի տաքացման ժամանակ տեղի ունի դրա քայքայում, համապատասխան արժեքավոր ածանցյալների:
5. Առաջարկել ջրային լուծույթից ֆուրֆուրոլի կորզման տեխնոլոգիական սխեմա:

**Գործնական նշանակությունը:** Մշակված է ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի կլանման պարզ և արդյունավետ տեխնոլոգիական սխեմա՝ որպես սորբենտ տեղական հումքի օգտագործմամբ:

Առաջարկվել է արմավի կորիզներից ակտիվացված ածխի /ԱԱ/ ստացման պարզ, տնտեսապես շահավետ եղանակ:

Աշխատանքի արդյունքները կարող են օգտագործվել տեխնիկական բուհերում դասավանդվող “Հոսքաջրերի օրգանական նյութերից մաքրման” դիսցիպլինում:

**Աշխատանքի արդյունքների ներդրումը:** Ատենախոսության արդյունքներն ընդունվել են ՀՊՃՀ Քիմիական տեխնոլոգիաների և բնապահպանական ճարտարագիտության ֆակուլտետի ուսումնական գործընթացում:

**Աշխատանքի փորձարկումը:** Աշխատանքի հիմնական արդյունքները զեկուցվել ու քննարկվել են հետևյալ միջազգային և տեղական գիտաժողովներում.

2010 թվի սեպտեմբերին ՀՀ ԳԱԱ Գիտական սիմպոզիում, 2010 թվի հոկտեմբերին Կենսատեխնոլոգիա, ներկա և ապագա, միջազգային գիտաժողովում, Սուչավա, Ռումինիա, 2011-2012թ.թ. ՀՊՃՀ ամենամյա

գիտաժողովներում, 2011 Միջազգային գիտաժողով “Վարչական շրջանի երկրաէկոլոգիան մոնիթորինգ և ռիսկ”, Երևան, 2012թ. ՀՀ ԻԱ Միջազգային կոնգրես, Երևան, 2012թ, Միջազգային գիտաժողով CAIM2012, Քիշինեու, Մոլդովա:

**Տպագրված աշխատանքներ:** Աշխատանքի արդյունքները հրապարակվել են 8 գիտական հոդվածներում և 4 թեզիսներում:

**Ատենախոսության ծավալը և կառուցվածքը:** Աշխատանքը շարադրված է տպագրական 115 էջում: Այն բաղկացած է առաջաբանից, 3 գլուխներից, եզրակացություններից և գրական հղումներից, ընդգրկում է 23 աղյուսակ և 28 նկար: Գրականության ցանկում բերված են 143 սկզբնաղբյուրներ:

### **ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ**

**Ներածության մեջ** ներկայացված են աշխատանքի արդիականությունը, գիտական նորույթը, ձևակերպված են հետազոտության նպատակն ու խնդիրները, հաստատագրված է հեղինակի կոնկրետ մասնաբաժինը ստացված արդյունքներում, հետազոտության արդյունքների հավաստիությունը և պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

**Գլուխ 1-ը** ( գրականության վերլուծություն ) բաղկացած է 18 ենթաբաժնից, ուր ներկայացված են ակտիվացված ածխի օգտագործումը տնտեսության մեջ, արմավի և դրա կորիզների հսկայական քանակի առկայությունը տարածաշրջանում, հատկապես Իրանում: Նկարագրված են արմավի կորիզներից ակտիվացված ածխի ստացման առկա եղանակները, արմավի կորիզների և դրանցից ստացված ակտիվացված ածխի օգտագործումը, հատկապես մետաղական իոններից հոսաջրերի մաքրման գործընթացում:

Նկարագրված և բնութագրված են Հայաստանում և Իրանում առկա որոշ բնական ցեոլիտներ, դրանք որպես պոտենցիալ սորբենտներ անօրգանական աղերից, մետաղների իոններից հոսքաջրերի մաքրման գործընթացներում:

Հատուկ բաժին է նվիրված ֆուրֆուրոլին, դրա հատկություններին և թունաբանությանը:

Վերլուծության հիման վրա առաջարկված և հիմնավորված են այն ծառացած խնդիրները, որոնց պարզաբանմանը նվիրված է սույն աշխատանքը:

**Գլուխ 2-ում** բերված են նոր փորձարարական տվյալները: Նկարագրված են օգտագործված նյութերը, սարքավորումները և մեթոդները: Նկարագրված են իրանական արմավի ելային տվյալները ( աղ. 1 ), դրանցից տարբեր ջերմաստիճաններում ստացված ակտիվացված ածխի բնութագրականները / աղ. 2/.

Աղյուսակ 1

## Արմավի կորիզների բաղադրությունը

Արմավի ելային կորիզի չափերը	Մոտավոր անալիզ (%)		
	մնացուկ	Ածուխ	Ցնդող միացություններ
7մմ և ավելին	8,057	0,933	Մոտ 90,0
1-7մմ	9,34	0,954	Մոտ 89,0

Աղյուսակ 2

## Ջերմաստիճանային ազդեցությունը ելքի և այլ բնութագրականների վրա

ԱԱ պատրաստման C	Ելք %	Մակերևույթ $U^2 / q$	Աղստրբում (մգ / գ)	
			Յողի	Մեթիլեն կապույտ
700	21,4	630	647,7	630
800	21,0	800	787,4	800
900	21,0	1150	1092,2	1150
1000	10,7	992	965,0	992

Աղյուսակ 2-ից հետևում է, որ ստրբման լավագույն հատկություններով օժտված է 900 °C-ում պատրաստված ԱԱ-ն Առաջարկված եղանակի արդյունավետությունը և նորարարությունը նրանումն է, որ այս դեպքում ԱԱ-ն ստացվել է առանց որևէ քիմիական սկտիվատորի մասնակցության: Ֆուրֆուրոլի ստրբված քանակությունը բնութագրվել է հեղուկային քրոմատոգրաֆիամբ՝ գործընթացի սկզբում և վերջում առկա տարբերությամբ: Գլխում նկարագրված են նաև օգտագործվող ֆուրֆուրոլի, ցեոլիտների ֆիզիկա-քիմիական պարամետրերը

Այստեղ ուսումնասիրվել և հիմնականում օգտագործվել է 750 °C-ում ստացված ԱԱ-ն ( աղ.3): Մեր կարծիքով նման ածխի օգտագործումը արդյունավետ է տնտեսական տեսանկյունից:

Աղյուսակ 3

## 750 °C-ում ստացված ԱԱ-ի բնութագրերը

T °C	Ժամանակ, րոպե	Յողային թիվ	Մեթիլենային կապույտ (մգ/գ)	Խտությունը գ/սմ3	Ճեղքի մակերևույթը A° (մ2/գ)
750	75	697	252	0,6613	630

Աղյուսակ 4-ում բերված են ազոտի աղսորքման հաշվարկային տվյալները վերը բերված ԱԱ համար, տարբեր ջերմաստիճաններ:

Աղյուսակ 4

P Մթն.	N մոլ.կգ <sup>-1</sup>	P մթն	N մոլ.կգ <sup>-1</sup>	P մթն	N մոլ.կգ <sup>-1</sup>
T = 25 <sup>0</sup> C					
0.655	0.129	2.065	0.375	4.752	0.710
0.950	0.208	2.652	0.503	6.350	0.803
1.455	0.289	3.256	0.565	6.752	0.856
T 0 45 <sup>0</sup> C					
0.670	0.095	2.125	0.270	5.420	0.465
1.000	0.140	3.405	0.359	6.125	0.495
1.240	0.170	4.055	0.390		
T = 65 <sup>0</sup> C					
0.685	0.055	2.740	0.220	4.800	0.308
1.025	0.100	3.390	0.254	5.485	0.336
1.540	0.135	4.050	0.300	6.180	0.358

2-րդ գլխում բերված են նաև արմավի կորիզի հիման վրա ստացված ԱԱ-ն որպես ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի սորբենտ օգտագործման տվյալները / աղ.5,6/

Աղյուսակ 5

ԱԱ-ով զանազան կոնցենտրացիաների ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի սորբման արդյունքները

N	Կոնցենտրացիա մգ/լ	Աղսորբում մգ/գ
1.	50	25
2.	150	29
3.	250	32
4.	350	34

Աղյուսակ 6

Ջերմաստիճանի ազդեցությունը ջրային լուծույթներից ԱԱ-ով ֆուրֆուրոլի ցեոլիտի սորբման վրա

N	T <sup>0</sup> C	Աղսորբում մգ/գ
1.	18	29
2.	35	25
3.	50	23

Մգ/գ սորբատը 1 գրամ ցեոլիտի վրա



**Գլուխ 3-ում** /Արդյունքների քննարկում/ Ըներկայացված է ֆուրֆուրոլի կլանման գործընթացը նախապես պատրաստված ջրային լուծույթներից: Որպես սորբենտներ օգտագործվել են կորիզավոր բույսերի պտուղների (գերազանցապես արմավի, աղ. 5,6 ) , ինչպես նաև համեմատության համար հոսքաջրերից օրգանական նյութերի կլանման համար նախկինում ուսումնասիրված դեղձի և ծիրանի ( աղ. 7 ) չորացրած և կանխավ մաքրված կորիզների մանրացված կեղևները, ինչպես նաև դրանցից ստացված ակտիվացված ածուխները: Որպես սորբենտներ ուսումնասիրվել են նաև Նոյեմբերյանի և Սեմնանի ( Իրան ) բնական ցեոլիտը, դրանց չորորոգային ամոնիումային աղով ( կատամին ԱԲ ) վերամշակված ձևերը, և սինթետիկ ZSM-5 ցեոլիտը:

Ադյուսակներ 5-7-ում ամփոփված են ֆուրֆուրոլի զանազան սորբենտներով սորբման արդյունքները ( 5 փորձերից միջինացված ): Ինչպես հետևում է այդտեղից ԱԱ-ի ադսորբման ակտիվությունը դրա հենքից՝ կորիզների կեղևից, ինչպես նաև արմավից ստացված ԱԱ-յի բարձր սորբման ակտիվությունը: Ստացված ԱԱ-ներն սորբման ակտիվությամբ համեմատելի են տարածված արդյունաբերական Կարբոսորբ-AB ԱԱ-ին:

Ադյուսակ 7

Ֆուրֆուրոլի ադսորբումը դեղձի և ծիրանի կորիզների մանրացրած կեղևներով և դրանցից ստացված ԱԱ-ներով ( ֆուրֆուրոլի 0,01մոլային ջրային լուծույթից )

N/	Սորբենտ	ադսորբում, մմոլ/գր	Ադսորբում, %
1.	Դեղձի կորիզի մանրեցրած կեղևներ	0,12	12,8
2.	Դեղձի կորիզի կեղևներից ԱԱ	0,23	25,0
3.	Ծիրանի կորիզի մանրեցրած կեղևներ	0,14	15,0
4.	Ծիրանի կորիզի կեղևներից ԱԱ	0,32	34,0
5.	Կարբոսորբ-AB	0,36	38,30

Ադսորբման ունակությունը չափվել է ելային և փորձից հետո անջատված ջրային լուծույթներում ֆուրֆուրոլի առկայությամբ՝ հեղուկային քրոմատագրաֆիայով, ինչպես նաև ուլտրամանիշակագույն սպեկտրասկոպիայով  $\lambda = 260\text{nm}$ , մարզում, որը համապատասխանում է ֆուրիլային խմբի կլանմանը:

Ադսորբումն ուսումնասիրվել է մի շարք ցեոլիտների վրա ( աղ.8 ):

Ֆուրֆուրոլի ադսորբումը ջրային լուծույթներից ցեոլիտներով  
 $T\ 293\ ^\circ K\ (C_s = 800\ \text{մմոլ/լ})$

$C/C_s$	ՀՀ ցեոլիտ (Նոյեմբերյանի)	ԻԻՀ ցեոլիտ (Սեմնանի)	Ցեոլիտ ԱՍ ադոլ	ZSM – 5
0,0044	0,070	0,076	0,130	0,170
0.0088	0,120	0,135	0,195	0,250
0,0170	0,270	0,295	0,305	0,353
0,0440	0,240	0,261	-	0,461
0.0610	0,260	0,278	-	0,510
0.0880	0,320	0,342	-	0,540
0,1320	0,350	0,375	-	0,590

Աղյուսակ 8-ից նաև երևում է, որ սորբման գործընթացի ժամանակ բնական ցեոլիտի հագեցումն ամոնիումային ադոլ /ԱՍ/դրականորեն է ազդում ցեոլիտի սորբման ակտիվության վրա՝ ցուցաբերելով բավական մոտիկ ակտիվություն ZSM – 5-ի հետ: Միաժամանակ երևում է իրանական կլինոպտիլոլիտի ակտիվությունը ուսումնասիրվող գործընթացում:

Ֆուրֆուրոլի ադսորբման հավասարակշռությունն ուսումնասիրվել է արհեստական ZSM – 5 ցեոլիտի վրա ադսորբման քանակության բնութագրման համար: Ադսորբումն ուսումնասիրվել է իզոթերմային պայմաններում՝ 20°C ջերմաստիճանում ( 293° K) և ադսորբենտ-լուծույթ ( ֆուրֆուրոլի ջրային )՝ 1:100 հարաբերությամբ:

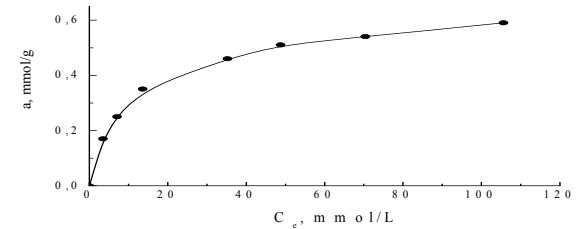
Ադսորբված ֆուրֆուրոլի քանակությունը որոշվել է հետևյալ հավասարմամբ.

$$a = \frac{(C_0 - C_2) \cdot V}{m}$$

Որտեղ  $C_0$  -  $C$  սկզբնական և հավասարակշռային կոնցենտրացիաներն են մմոլ/լ,

$V$ - լուծույթի ծավալը լ,  $m$  - սորբենտի քանակությունը:

Ադսորբման իզոթերմն ունի հետևյալ տեսքը ( նկար 1 ).



Նկար 1. ZSM – 5- ցեոլիտի վրա ֆուրֆուրոլի ադսորբման փորձարարական կոր

Այս իզոթերմը համապատասխանում է Լենգվյուրի տեսական իզոթերմին. Սկզբում մինչև 6,0 մմոլ/լ կոնցենտրացիան աճում է և հետո անցնում հավասարակշռության՝ ցեոլիտի ակտիվ կենտրոնների և ֆուրֆուրոլի փոխազդեցության պատճառով: Պետք է նշել, որ 105 մմոլ/լ ֆուրֆուրոլի կոնցենտրացիայի ժամանակ տեղի ունի ադսորբման արագության անկում որպես հետևանք այն հանգամանքին, որ ֆուրֆուրոլի կոնցենտրացիայի ավելացումը բերում է էլեկտրաստատիկ փոխազդեցությունների մոլեկուլների միջև:

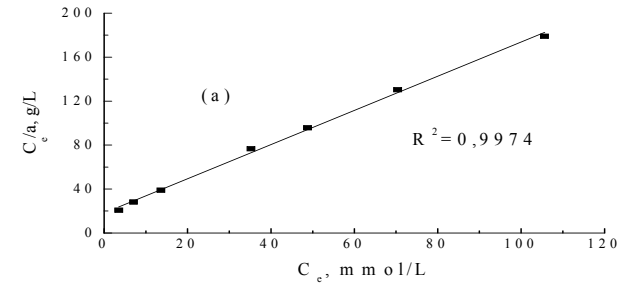
Իդեալական պայմաններ ապահովելու համար ադսորբման գործընթացն ուսումնասիրվել է ZSM-5 համակարգի ցեոլիտով՝ ներկայումս հայտնի ադսորբման մի շարք տեսություններով՝ Լենգվյուր, ԲԷՏ, Ֆրոյնդլիխ, Ռեդլիխ-Պետերսոն, Տոթ, Դուբինին-Ռադուշկեվիչ: Ադյուսակ 9-ում բերված են համապատասխան մոդելների պարամետրերը, որոնք ընկած են կորերի արտահայտման հենքում:

Ադյուսակ 9

Ադսորբման տեսական մոդելների հավասարակշռային պարամետրերը

Լենգվյուրի մոդել		ԲԷՏ մոդել		Ֆրեյնդլիխի մոդել	
$K_L$ , L/g	0.0859	$K_{BET}$	9626	$K_F$ , L/g	0.121
$a_m$ , մմոլ/գ	0.641	$a_m$ , մմոլ/գ	0.546	$1/n$	0.36
$R^2$	0.9959	$R^2$	0.9994	$R^2$	0.9777
$\Delta$ , %	5.3	$\Delta$ , %	1.8	$\Delta$ , %	7.8
Ռեդլիխ-Պետերսենի մոդել		Տոթ-ի մոդել		Դուբինին-Ռադուշկեվիչի մոդել	
$K_R$ , L/g	1.67	$a_m$ , մմոլ/գ	0.645	$a_m$ , մմոլ/գ	0.61
$\alpha$	11.42	$t$	0.60	$K_{DR}$	$8.26 \cdot 10^{-3}$
$\beta$ , L/մմոլ	0.69	$\alpha_p$ (մգ/լ) <sup>2</sup>	2.35	$E$ , կՋ/մոլ	11
$R^2$	0.9855	$R^2$	0.9774	$R^2$	0.9965
$\Delta$ , %	8.4	$\Delta$ , %	7.6	$\Delta$ , %	3.4

Այստեղից հնարավոր է դարձել կառուցել ադսորբման Լենգվորյան մոդելը ( ինչպես նաև ԲԷՏ մոդելը ), որի ուղղագծայնությունը ցույց է տալիս նշված մեթոդի կիրառելիությունը ցեոլիտի վրա ֆուրֆուրոլի ադսորբման ժամանակ.

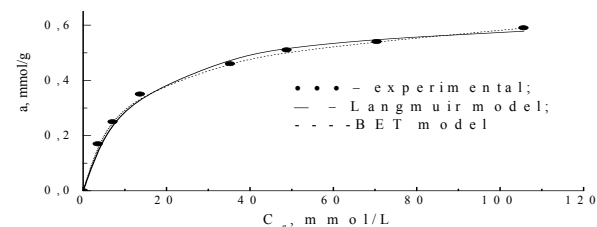


Նկար 2. Ֆուրֆուրոլ - ZSM - 5 - ցեոլիտ համակարգի Լենգվորյան պատկերը:

Ինչպես հետևում է նկար 3-ում բերված իզոթերմերից Լենգվորյան և ԲԷՏ-ի մոդելները հիանալի համընկնում են փորձարարական տվյալներին: Դա հաստատվում է կոռելացման գործակիցներով  $R^2$  ( 0.9959 և 0.9994 ) Լենգվորյի և ԲԷՏ-ի մոդելների համար համապատասխանաբար; Այս ուսումնասիրության տվյալները բերված են աղ.9-ում:

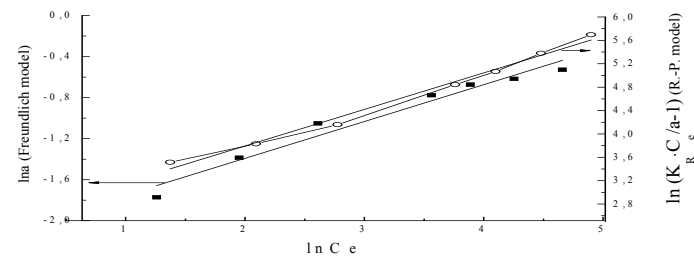
Հավանաբար այստեղ տեղի ունի ֆուրֆուրոլի մոլեկուլի կապակցում ցեոլիտի համապատասխան հիդրօքսի- և թթվածնային կենտրոնների հետ: Ֆուրֆուրոլի մոլեկուլը ակտիվորեն կապվում է ցեոլիտի ցանցի բացասական լիցքը փոխհատուցող ( կոմպենսացող ) դրական իոնների հետ:

Քանի որ ֆուրֆուրոլի մոլեկուլներն ունեն էլեկտրոնների ասիմետրիկ խտություն, առկա է դառնում դրա փոխազդեցությունը ցեոլիտի ցանցը կազմող ատոմների հետ: Ֆուրֆուրոլի մոլեկուլի Վան-դեր-Վաալսյան տրամագիծը կազմում է 6,5 Å, իսկ ցեոլիտի ճեղքի տրամագիծը՝ 7,5 - 10,0 Å է, ուստի հնարավոր է նաև ֆուրֆուրոլի թափանցում ցեոլիտային ցանց:



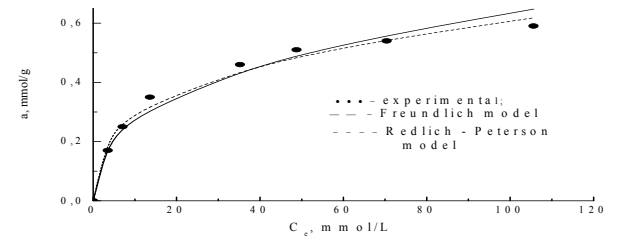
Նկար 3. Ֆուրֆուրոլի ZSM-5-ի վրա ադսորբման փորձարարական և Լենգմյուր և ԲԷՏ-ի հաշվարկային իզոթերմեր

Այնպես որ, այս դեպքում ցեոլիտի թե՛ ձեղքերը, թե՛ ակտիվ կենտրոնները պատասխանատու են ֆուրֆուրոլի կապման համար և լինելով տարատեսակ, ունեն ադսորբման տարբեր ակտիվացման էներգիաներ: Այդ պատճառով ցեոլիտի վրա ֆուրֆուրոլի ադսորբման փորձարարական տվյալների մոդելավորման համար օգտվել ենք նաև նման ոչ միատեսակ էներգետիկային մակարդակը բնութագրող ադսորբման այլ տեսական մոդելներից՝ Ֆրեյնդլիխի, Ռեդլիխ-Պետերսենի, Տոթ, Դուբինին-Ռադուշկևիչի: Նկար 4-ում ֆուրֆուրոլի ադսորբման նկարագիրը Ֆրեյնդլիխի, Ռեդլիխ-Պետերսենի մոդելներով՝ զծային ռեգրեսման տեխնիկայի կիրառմամբ.



Նկար 4. Ֆուրֆուրոլի ադսորբման նկարագիրը ZSM-5-ի վրա Ֆրեյնդլիխի, Ռեդլիխ-Պետերսենի մոդելներով

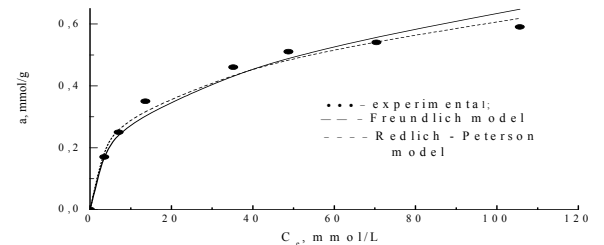
Նկար 5-ից հետևում է, որ տվյալները կիրառելի են իզոթերմի կառուցման համար: Ֆրեյնդլիխի հաստատունը ֆուրֆուրոլ-ցեոլիտ համակարգի համար  $K_F$  0.121 է: Ադսորբման ինտենսիվ կամ անհամաչափության հաստատունը -  $1/n$  կազմում է 0.36, որը բնութագրում է ցանկացած անհամաչափություն: Մոդելային պարամետրերը բերված են աղյուսակ 9-ում և նկար 5-ում.



Նկար 5. Փորձարարական և Ֆրեյնդլիխի ու Ռեդլիխ-Պետերսոնի մոդելներով ZSM-5-ի վրա Ֆուրֆուրոլի ադսորբման իզոթերմները.

Ռեդլիխ-Պետերսոնի գծայնացված ձևերն ստացվել են համաձայն ադսորբացիայի 9-ի տվյալների և բերված են նկար 4-ի վրա՝ եռակի պարամետրային մոդելով: Այս մոդելի համապատասխան պարամետրերը՝  $a$  և  $\beta$ , որոշվել են  $\ln C_e = 0$  հավասարման լոգարիթմամբ և գծային թեքման իջեցումներով: Այստեղ  $K_R$ ,  $a$  և  $\beta$  համապատասխանաբար ունեն 1.67, 11.42, և 0.69 արժեքները, ադսորբացիայի 9:

Այստեղ հետագուովել են նաև Տոթի իզոթերմները նույնպես, էլնելով այն հանգամանքից, որ այն բարելավվում է Լենգվուրյան իզոթերմները, երբ կան հետերոգեն համակարգի նախադրյալներ: Այն ունի ոչ գծային տեսք և բնորոշվում է հետևյալ կորով / նկար 6/.

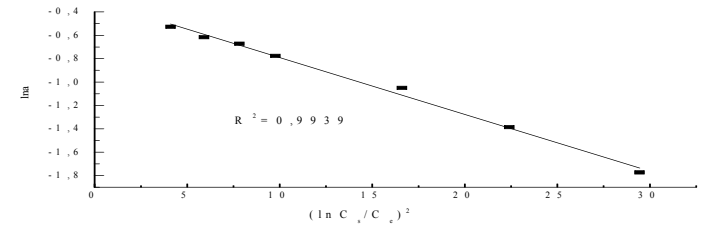


Նկար 6. Փորձարարական և Տոթի մոդելով ZSM-5-ի վրա Ֆուրֆուրոլի ադսորբիզոթերմները.

Ցեռլիտի ադսորբման ունակության բնութագրող մոդելները այս թե այն կերպ համընկնում են փորձարարական տվյալներին: Այս փաստը վկայում է այն մասին, որ ցեռլիտում կան կենտրոններ, որոնք ֆուրֆուրոլի մոլեկուլը ադսորբելու են գերազանցապես այդտեղ՝ նման հավասարակշռային կոնցենտրացիաներում՝ բարձր էներգիայով և

ադսորբման ջերմունակությամբ: Ելնելով կորելացման գործակիցներից ( $R^2$  և  $0.9777$  Ֆրեյնդլիխի դեպքում  $293^\circ K$ ) և միջին շեղումներից, ենթադրելի է որ Լենգմյուրի և ԲԷՏ տեսությունները առավել ստույգ են բնութագրում ուսումնասիրվող պրոցեսը:

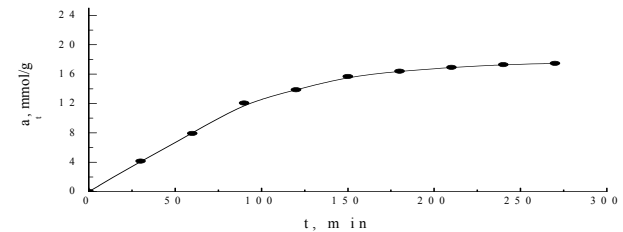
Ֆուրիերի ադսորբումը ցեոլիտով մեկնաբանվել է նաև Դուրինին-Ռադուշկևիչի տեսությամբ /նկար 7/.



Նկար 7. Դուրինին-Ռադուշկևիչի գծայնացումը

Նկար 7-ից հետևում է, որ որ գծային կորն ունի բացասական իջվածք: Աղ.9 ից հետևում է, որ այս տեսությամբ մեկնաբանելու դեպքում ֆուրիերի ադսորբման ազատ էներգիան  $20^\circ C$  կազմում է  $11$  կՋ / մոլ, որը հավաստում է քիմիական ադսորբման մասին:

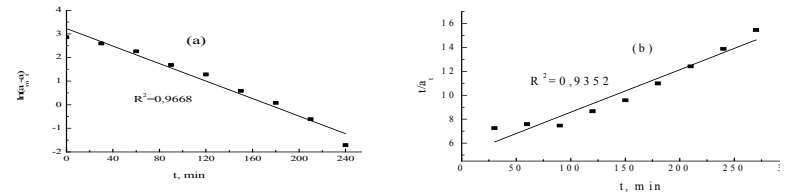
**Կինետիկական ուսումնասիրություն:** Արդյունքները երևում են նկար 8-ի տեսքից.



Նկար 8. ZSM-5-ի վրա ֆուրիերի ադսորբման կինետիկան.

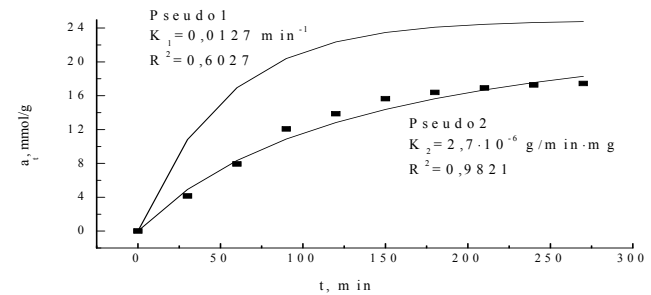
Ինչպես երևում է նկար 8-ից գործընթացի առաջին  $120$  րոպեն ֆուրիերի ադսորբումը տեղի ունի բավական արագ և դրանից հետո սկսվում է հավասարակշռություն: Ստացված արդյունքների հիման վրա դիտարկվել է ադսորբման գործընթացի կինետիկան և պսևդո-առաջնային և պսևդո-երկրորդային կարգի հավասարումների

տեսանկյունից՝ համապատասխան հաշվարկային տվյալների հիման վրա / նկար 9 /.



Նկար 9. ZSM-5-ի վրա ֆուրֆուրոլի ադսորբման կինետիկան պսևդո-առաջնային և պսևդո-երկրորդային կարգի զծային տեսքը.

Ելնելով ռեգրեսման գործակիցներից՝  $R^2 > 0.9821$  և  $R^2 > 0.6027$  համապատասխանաբար երկրորդային և առաջնային կարգի հավասարումներից, ստացվում է, որ մեր օրինակում ադսորբման արագության գնահատմանը համաձայն պսևդո-երկրորդային կարգի առավել մոտիկ է ( նկար 10 ).



Նկար 10. ZSM-5-ի վրա ֆուրֆուրոլի ադսորբման կինետիկան պսևդո-առաջին և պսևդո-երկրորդ կարգի հավասարումներից և փորձարարական տվյալների համաձայն.

Ադսորբման կինետիկական հետազոտությունները իրականացվել են գլանաձև ռեակտորում, տրամագիծը 72 սմ և 18 սմ պրոպելերային խառնիչով՝

Խառնման արագությունը  $n = 600$  ռոպե  $^{-1}$  (10 վրկ  $^{-1}$ ): Գործընթացն իրականացվել է հաշվի առնելով Ռեյնոլդսի գործակիցները, համաձայն հետևյալ հաշվարկների՝

$$Re_M^* = C \cdot Ar \cdot (d_s / d)^{0.5} \cdot (D/d)^k$$

որտեղ՝



$Ar = d_s^3 \cdot (\rho_{\tau b} - \rho_{\kappa}) \cdot \rho_{\kappa} \cdot g / \mu^2$  – պինդ ֆազի Արքիմեդյան ցուցանիշը,

$C$  և  $k$  – խառնող պրոպելերի ցուցանիշները,

$C = 6,6$ ,  $k = 1$ ;  $d_s$  – մասնիկների տրամագիծը ( $d_s = 0,375$  mm);

$d = 18$  mm – խառնիչի տրամագիծը,

$D$  – ռեակտորի տրամագիծը

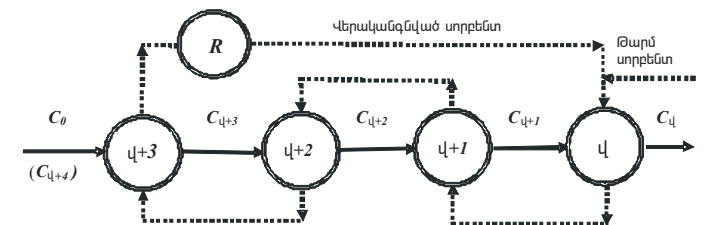
$\rho_{սպինդ}$  = 2160 kg/m<sup>3</sup> – ցեոլիտի խտությունը,

$\rho_{հեղուկ}$  և  $\mu$  – ջրային ֆազի խտությունն ու մածուցիկությունը,

$\rho_{հեղուկ}$  = 997 kg/m<sup>3</sup>,  $\mu = 0,894 \cdot 10^{-3}$  պա·վրկ),  $g = 9.81$  մ/վրկ<sup>2</sup>.

Հիմնվելով ստացված արդյունքներին կարող ենք նշել նաև որ ջրային լուծույթներում գտնվող ֆուրֆուրոլը հաջողությամբ սորբվում է ցեոլիտի վրա, որը կարող է հիմք դառնալ տեխնոլոգիական սխեմայի առաջարկման համար:

Այսպես, համաձայն ստացված տեսական արդյունքների մեր կողմից առաջարկվում է ջրային միջավայրից ֆուրֆուրոլի կորզման օրգանական մնացուկների կլանման համար նախկինում մեր հետազոտական խմբի կողմից առաջարկված հակահոս-աստիճանական սխեման: Անհրաժեշտ է նշել, որ համանման արդյունքներ ստացվում են նաև խաչաձև-աստիճանային սխեմայի ժամանակ (նույն թվով սարքավորումներ, նույն քանակությամբ աղսորբենտ, նման շահագործում և այլն), սակայն մեր կողմից առաջնությունը տրվել է հակահոս-աստիճանական եղանակին: Ավելին, միանգամայն հնարավոր է առաջարկվող հաշվարկային տվյալները կիրառել ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի հեռացման համար հաջորդաբար աշխատող աղսորբման աշտարակների համար:



Նկար 11: Աղսորբմամբ ջրամաքրման հակահոս-աստիճանական սխեմա Վ, Վ+1, Վ+2, Վ+3 – “խառնարան-պարզարան” ազդեցատներ, R – սորբենտի վերամշակման հանգույց

### Ֆուրֆուրոլի փոխակերպումները ցեոլիտների վրա



- ա) ամոնիումային աղով հագեցած բնական ցեոլիտը ցուցաբերում է բարձր ակտիվություն ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի ադսորբման համար,
  - բ) ZSM-5- արհեստական ցեոլիտը հաջողությամբ կիրառելի է ջրային լուծույթներից ֆուրֆուրոլի ադսորբման համար,
  - գ) ադսորբման ստատիկ եղանակով հավասարակշռային տվյալները նկարագրելի են Լենգմյուրի և ԲԷՏ-ի տեսական իզոթերմերով, որոնք ենթադրում են ֆուրֆուրոլ-ցեոլիտ համակարգում լավագույն փոխազդեցությունը,
  - դ) ֆուրֆուրոլ-ցեոլիտ համակարգում ադսորբման էներգիան հաշվարկելի է Դուբինին-Ռադուշկևիչի տեսությամբ, և ենթադրում է ադսորբման առավել քիմիական բնույթ,
  - ե) ֆուրֆուրոլ-ցեոլիտ համակարգում ադսորբման գործընթացը բնութագրելի է երկրորդային պսևո-կարգի կինետիկական մեկնաբանմամբ:
5. Ցույց է տրվել ֆուրֆուրոլի Կաննիցարոյի ռեակցիայի ենթարկվելու հնարավորությունը՝ ցեոլիտի վրա առբված միացության տաքացման ժամանակ, որն արտահայտվում է ֆուրիլ ալկոհոլի և 2-ֆուրանկարբոնաթթվի գոյացմամբ:
  6. Առաջարկվել է ջրային լուծույթից ցեոլիտով ֆուրֆուրոլի կորզման հակահոս-աստիճանային տեխնոլոգիական սխեմա:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակված են հետևյալ աշխատանքներում՝

1. G. H. Torosyan, Ghazi Aidan, D. N. Hovhannisyan, “Lignocellulosics: convenient sorbents for wastewater treatment from phenol and furfural” Journal of Food and Environment Safety of the Suceava University – Food Engineering, Year IX, No. 4, pp. 131-138, 2010.
2. Aidan Ghazi ”Furfural and its sorption from water”, Bulletin of State Engineering University of Armenia (Polytechnic), Collection of Scientific and Methodical Papers Part 3, No. 2, pp. 506-509, 2011.
3. Aidan Ghazi “Activated carbon production from date stones” Proceedings of Engineering Academy of Armenia, Vol. 8, No. 1, pp. 203-206, 2011.
4. Gagik Torosyan, Aidan Ghazi ,Technological Design of Furfural Adsorption from Water Solutions, Journal of Technical University of Moldova and Moldavian Engineering Association, Vol. 2, pp.11-16, 2011.
5. Aidan Ghazi, V. G. Martirosyan, G. H. Torosyan, Activated carbon production from date stones new approach, Bulletin of State Engineering University of Armenia (Polytechnic), Collection of Scientific Papers , No. 2, pp. 566-570, 2012 .

6. Gagik Torosyan, Ghazi Aidan, Never Torosyan, Synthesis of Acrylic Esters in Phase Transfer Catalysis: Kinetics and Ecological Aspects, Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, 13 (2), pp. 247-252, 2012.
7. Aidan Ghazi, Agricultural Wastes and Activated Carbon from them for Furfural Removal from Water Solutions, Life Science Journal, Vol.9, NO.3, pp. 2501-2505, 2012.
8. Ghazi Aidan, The removal of organic impurities from wastewater on Natural Zeolites and on Agricultural By-Products, National Academy of Science Symposium, 14-17 September, pp. 399-400, 2010.
9. Aidan Ghazi, Gagik Torosyan, Furfural Sorption from Water and Technological Aspects for this Process, Geo-ecological and monitoring Risk of Administrative Region, International Conference 27-29 September 2011, Yerevan-Sevan, Armenia, p. 26, 2011.
10. G. Torosyan, Ghazi Aidan, N. Torosyan, Synthesis of Acrylic Esters in PTC: Kinetics and Ecological Aspects, International Conference of Applied Science, Chemistry and Chemical Engineering Fifth Edition, p. 82, April 28-30, 2011.
11. G. H. Torosyan, Aidan Ghazi, Furfural conversion on zeolite, Proceeding of engineering academy, Jubilee publication-20 year, International congress, p.61, 2012.
12. G. H. Torosyan, V.I. Zelentsov, T. Datsko, Aidan Ghazi, N.S. Torosyan, Furfural adsorption on zeolite equilibrium and kinetics modeling, Journal of Environmental Science and Engineering A 2, Formerly part of Journal of Environmental Science and Engineering, vol.2, No2, pp.80-88, 2013.

**ГАЗИ АЙДАН**

**Заключение**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ФУРФУРОЛ  
СОДЕРЖАЩИХ ВОД  
АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ И ЦЕОЛИТАМИ**

Фурфурол является ядовитым и канцерогенным веществом, однако широко используется в нефтехимических технологиях и в фармацевтике. При рафинировании нефти с использованием фурфурола имеются большие выбросы в окружающую среду в водных стоках. В основном фурфурол попадает в водные бассейны со стоками от нефтеиндустрии. Учитывая возрастающие объемы данного производства во всем мире, а также практически полное отсутствие данных об очистке сточных вод от этого вещества, следует констатировать, что необходимость в разработке технологии очистки вод от фурфурола актуальна. Поэтому извлечение фурфурола из воды, и его дальнейшее использование в качестве вторичного сырья является актуальной проблемой.

Данная работа посвящена разрешению проблемы очистки воды от фурфурола. В обзоре литературы по очистке сточных вод от органических загрязнителей, каковым является и фурфурол, обосновывается использование метода адсорбции, что будет использоваться для удаления штатных загрязняющих веществ от сточных вод более часто. Поскольку эффективные адсорбенты в промышленности будут использовать древесные адсорбенты, углеродные волокнистые материалы гранулированный туф, цеолиты и т.д.

В настоящей работе осуществлены систематические исследования адсорбции фурфурола из водных растворов на природных (Ноемберянское месторождение Армении и Семнанское месторождение Ирана) и модифицированных цеолитах, а также на отходах местных сельхозпродуктов - плодовых косточек, больше всего широко распространенной на Ближнем Востоке а также в Иране хурмы и активных углей на их основе. Адсорбция фурфурола на сорбентах зависит как от типа сорбента, так и от концентрации фурфурола в воде и температуры адсорбции. Адсорбционная ёмкость цеолитов ниже, чем у применяемых активных углей, доступность которых делает перспективным для их использования в системах водоочистки.

Исследовано адсорбционное равновесие и кинетика адсорбции фурфурола из водных растворов на активированном угле от хурмы, а также на цеолитах – природных, модифицированных ЧАС-ом и синтетических. Установлено, что изотермы адсорбции на исследованных углях описываются как уравнением Дубинина – Радужкевича, так и Фрейндлиха. На основании проведенных исследований, произведен выбор оптимального сорбента / активированного угля на основе хурмы полученного при 900°C) и схемы водоочистки с его применением. Исследовано поведение адсорбированного на цеолите фурфурола при нагревании. Показано, что имеет место реакция Канницаро.

Более глубоко изучена адсорбция фурфурола на цеолитах, в частности на синтетическом цеолите ZSM-5. Выбор такого цеолита обусловлен не только его высокой адсорбционной активностью, а также легкостью экспериментального изучения для кинетических исследований. Установлено, что в данном случае процесс лучше описывается согласно

теоретическим изотермам Ленгмюра и БЭТ-а. Не исключается также описание согласно остальным теориям, особенно по Фрейндлиху.

На основании полученных кинетических данных предложена технологическая схема очистки водных растворов от фурфурола.

Предложена противоточная схема адсорбционной водоочистки с использованием «смеситель-отстойник» агрегатов.

**GHAZI AIDAN**

**CONCLUSION**

**INVESTIGATION FURFURAL  
CONTAINING WATER TREATMENT PROCESS with ACTIVATED  
CARBON and ZEOLITES**

Furfural—a valuable chemical product is used in the manufacture of plastics, synthetic fibers, paints, medicines. Furfural is toxicant and cansinogene reagent, but it was used widely of in some industrial levels, for instance in petrochemistry and related human activities. Therefore extraction of furfural from waters, and as far as possible, its use further as raw material, is an actual problem. .

This type of study is important because it will help utilize a waste material as the palm date stones, a useful product that can replace the imported AC for Iran. Iran is very rich at date and the use the stones from date can more economically and useful for Iranian economy. In addition, the proposed study might reach a conclusion that such a product has removal properties that are favoured over the commercial AC. Here is studied substantiation of expediency of usage of date pits and activated carbon from them as adsorbents for deleting furfural from aqueous solutions. The yields theoretical and experimental researches on an adsorption of furfural from aqueous solutions on studied sorbents.

In this work was provided also a comparison between sorption efficiency of raw date pits and AC from them with other analogical materials and zeolites - natural zeolite ( Noemberyan deposit in Armenia and Semnan deposit in Iran), them modified by Quat analogs and synthetic ZSM-5 zeloite.

The adsorption processes have been estimated by preliminary tests in order to approach the design of the facility. The purpose of this study was to determine the adsorption characteristics of and ZSM-5 with respect to furfural to choose the most appropriate model to describe the equilibrium. Guided partly by the form of the equilibrium curve and partly by the surface properties of the sorbent (possible surface heterogeneity) the results were modeled using simple adsorption isotherms such as the Langmuir, BET, Freundlich, Redlich-Peterson, Toth and Dubinin-Radushkevich isotherms in the studied range of concentrations and temperature 20 °C Detailed above isotherms are available in the literature.

Here was shown the conversion of furfural on the zeolites surfaces by Cannizzaro reaction during the removal of sorpted furfural.

In brief here is proposed:

1. It has been established, that the date pits and AC obtained on its basis are good sorbents for absorption of furfural from waste water.
2. It has been established, that the AC receives with a good yield in the absence of the any inorganic components with high yield at 900°C.
3. It has been established, that the adsorption isotherms for furfural treatment from aqueous solutions on AC from date pits are described by an Freundlich equation, that allows to use this equation as a fundamentals of mathematical model of process.
4. It has been established, that furfural adsorption from aqueous solutions on zeolites flows past both pursuant to the theory of volumetric filling of micropores, and on a surface of sorbents depending on molecular sizes of sorbate.
  - a) Modified by quaternary ammonium salt natural zeolite was successfully tested as adsorbent for furfural removing from aqueous solution.
  - b) Zeolite ZSM-5 was successfully tested as adsorbent for furfural removing from aqueous solution.
  - c) Modeling of batch equilibrium data has been done and the Langmuir and BET isotherm models were considered as the best for interaction description in the system furfural – zeolite.
  - d) The free energy of adsorption of furfural on zeolite at 20<sup>0</sup> C has been evaluated by means of Dubinin-Radushkevitch expression,  $E = 11$  kJ/mol, suggesting that the process implemented by chemical nature of adsorption.
  - e) The adsorption process has been shown to follow the pseudo-second-order kinetics. The rate-limiting step has been found to be complex and controlled by both the surface adsorption and intraparticle diffusion
5. It has been shown, that furfural converted on Cannizzaro reaction with formation of furfuryl alcohol and 2-furoic acid ( 2-furancarboxylic acid )
6. It has been offered the use of zeolites or AC on the basis of date pits in the counter-current - stepwise installations of water purifying in systems of self-contained water recirculation.
7. It has been presented the elementary version of device-technological design of water treatment from furfural with the block from two devices – the blender in which sorbent suspension in treated water mixes up before achievement adsorbtive balance, and sediment bowl in which fulfilled adsorbent separates from the cleared water.