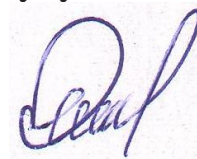


Бо ҳуқуқи дастнавис



**ЯКУБОВ Зарифҷон Толибҷонович**

**АСОСҲОИ ФИЗИКАВИЮ ХИМИЯВИИ ТАҶЗИИ МАЪДАНҲОИ  
БОРОСИЛИКАТӢ БО КИСЛОТАИ СИРКО**

**05.17.01 – Технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣ  
номзади илмҳои химия

Душанбе - 2017

Диссертатсия дар лабораторияи коркарди комплекси ашёи маъданӣ ва партовҳои Институти кимиёи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин иҷро карда шудааст.

**Роҳбари илмӣ:**

**Курбонов Амиршо Соҳибназарович**

номзади илмҳои химия, ходими пешбари илмии лабораторияи коркарди комплекси ашёи маъданӣ ва партовҳои Институти кимиёи АИ ҶТ ба номи В.И. Никитин

**Мушовири илмӣ:**

**Назаров Шамс Бароталиевич**

доктори илмҳои химия, мудири лабораторияи коркарди комплекси ашёи маъданӣ ва партовҳои Институти кимиёи АИ ҶТ ба номи В.И. Никитин

**Муқарризи расмӣ:**

**Рӯзиев Ҷӯра Раҳимназарович**

Доктори илмҳои техника, профессори кафедраи химияи татбиқии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

**Мирзоев Баҳодур**

номзади илмҳои химия, ходими калони илмии бахши илм ва инноватсияи филиали МГУ ба номи М.В. Ломоносов дар ш. Душанбе

**Муассисаи пешбар:**

Кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганикии Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ

Ҷимояи диссертатсия “14” феввали соли 2018, соати 9:00 дар чаласаи Шӯрои диссертатсионии 6Д.ҚОА-007 назди Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин баргузор мегардад.  
Суроға: 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2.  
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия дар китобхонаи илмӣ ва дар сомонаи интернетии Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин шинос шавед:  
[www.chemistry.tj](http://www.chemistry.tj)

Автореферат санаи " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ соли 2017 аз рӯи феҳристи пешниҳодшуда, ирсол карда шудааст.

Қотиби илмии  
шӯрои диссертатсионӣ,  
номзади илмҳои техника, дотсент



Обидов З.Р.

**Муаллиф миннатдории самимии худро ба  
мушовири кори илмӣ - академики Академияи  
илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон Мирсаидов  
У.М. барои маслиҳатҳои муфид дар таҳияи  
рисолаи мазкур изҳор менамояд.**

## ТАВСИФИ УМУМИИ РИСОЛА

**Муҳимияти рисола.** Рушди иқтисоди саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон ва суръати он бо афзоиши талабот ба ашёи хом, аз ҷумла ашёи хом барои истеҳсоли алюминий ва бор вобаста аст. Маҳсулоти бордор дар соҳаи муҳандисӣ, авиатсионӣ, тиббӣ ва дигар соҳаҳо дар соҳаи кишоварзӣ истифода мешавад.

Истеҳсоли маҳсулот ва пайвастагиҳо дар асоси он аз маъданҳои бордор таҳияи усулҳои нави технологиро дар назар дорад, зеро коркарди самараноки маъданҳои боратӣ бо миқдори баланди силикатҳо бо усулҳои ишқорӣ ва хлорӣ самаранок нестанд.

Технологияи оқилонаи коркарди ашёи хоми бории баландсиликатӣ, бо назардошти таҷзияи он бо истихроҷи мураккаботи фойданок ва ҷудокунии боқимондаи оксиди силитсий муҳим аст, ки ташаккули ин тадқиқотро муайян кардааст.

Истифодаи комплекси маъданҳои боратӣ имконият медиҳад, ки заминаи захиравии Ҷумҳурии Тоҷикистон ба таври назаррас васеъ гардида, касри ҷунин маҳсулоти арзишманд чун ангидриди бор, нуриҳои бор, перборати натрий, бор барои рангҳо, маводи ғункунии энергетикӣ, карбиду нитрати бор ва ғайра дар минтақаи Осиёи Марказӣ бартараф гардад.

**Мақсади рисола** таҳияи технологияи ба даст овардани пайвастагиҳои борӣ аз қонҳои маъданҳои боросиликати Тоҷикистон бо усулҳои кислотагӣ мебошад.

Мувофиқи мақсадҳои зикршуда, дар қисми диссертсионӣ **вазифаҳои** зерин ҳал карда шудаанд:

- хосиятҳои физикӣ ва химиявӣ маъданҳои боросиликатӣ омӯхта шудаанд;
- хусусиятҳои термодинамикӣ реаксияҳои дар вақти таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко гузаранда муайян карда шудааст;
- бо кӯмаки ТФР, ТДХ ва таҳлили химиявӣ, маводҳои аввала, маҳсулотҳои миёна ва ниҳоӣ тадқиқ карда шудаанд;
- параметрҳои аз ҳама оқилонаи таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко муайян карда шудаанд;
- таҷзияи маводи борӣ ва концентрати он бо кислотаи сирко тадқиқ карда шудааст;
- кинетикаи равандҳои таҷзия бо кислотаи сирко омӯхта шудааст;
- нақшаҳои асосии технологӣ барои коркарди ашёи бордор ва концентрати он бо кислотаи сирко таҳия карда шудаанд;
- баҳодиҳии муқоисавӣ таҷзияи ашёи бордор бо кислотаҳо, хлор ва ишқор оварда шудааст.

**Навоариҳои илмӣ рисола:** Усулҳои нави коркарди маъданҳои боросиликатӣ ва концентрати онҳо бо усули таҷзия бо кислотаи сирко таҳия шудаанд. Кинетикаи таҷзияи маъдани бор ва концентрати он бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Бо истифодаи маълумотҳои кинетикӣ механизми гузариши раванди таҷзия бо кислотаи сирко муайян

гардонида, лоиҳаи асосии технологии коркарди маъданҳои боросиликати таҳия шудааст.

***Моҳияти амалии рисола:***

- усули коркарди маъданҳои боросиликати бо кислотаи сирко бо ҳосилкунии пайвастагиҳои бор, оҳан ва алюминий таҳия шудааст.

- лоиҳаи асосии технологии коркарди маъданҳои боросиликати бо кислотаи сирко таҳия шудааст.

***Ҳолатҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда:***

- натиҷаи тадқиқоти таҷзияи маъданҳои боросиликати мавзеи Ак-Архари Тоҷикистон бо кислотаи сирко.

- натиҷаҳои таҷзияи концентрати боросиликати бо кислотаи сирко.

- кинетикаи истихроҷи чузъҳои муфид аз таркиби маъдани боросиликати.

- натиҷаи тадқиқоти хосиятҳои физикӣ ва химиявӣ ашёи хом ва маҳсулотҳои таҷзияи он бо усулҳои химиявӣ, фазавӣ рентгенӣ ва дифференсиалии ҳароратӣ.

- таҳияи нақшаи технологии асосии коркарди маъданҳои боросиликати бо усули атсетати.

***Асосноккунӣ ва дурусти тадқиқотҳои илмӣ, хулосаҳо ва тавсияҳо.***

***Тавсиби рисола:*** Натиҷаҳои асосии кор дар конференси ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалии «XII Нумановские чтения» (Душанбе, 2015), конференси ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалии «вазъият ва дурнамои рушди химияи органикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» (Душанбе, 2015), Конференси илмӣ-амалии кулирусиявӣ: “мушкилоти маводи илмӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон” (Душанбе, 2016), VII-ум конференси байналмилалӣ илмиву амалии "Дурнамои рушди илм ва маориф (Душанбе, 2016) муҳокима карда шудаанд.

***Интишор.*** Мувофиқи мавзӯи рисола чоп шудаанд: 8 мақолаҳо дар маҷаллаҳои тақризшаванда, ки дар рӯйхати ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил мешаванд, 4 маводи конференси илмӣ-амалии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ ва 1 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон барои ихтироъ.

***Саҳми шахсии муаллиф*** дар интиҳоб ва таҳлили адабиёти илмӣ оид ба мавзӯи рисола, таҳияи масъалаи тадқиқот, муайян намудани роҳҳо ва усулҳои ҳалли онҳо, қабул ва коркарди аксари маълумоти таҷрибавӣ, таҳлил ва ҷамъи натиҷаи таҷрибаҳо, таҳияи хулосаҳои асосии рисола акс ёфтааст.

***Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия.*** Диссертатсия аз муқаддима, 4 боб, анҷом ва хулосаҳо иборат аст. Дар 105 саҳифаи чопи компютери ифода гардида, 27 тасвир ва 14 ҷадвалро дар бар мегирад. Рӯйхати адабиёт 125 номгӯйро дар бар мегирад.

## МУНДАРИЦАИ АСОСИИ РИСОЛА

*Дар муқаддима* аҳамияти мавзӯ асоснок карда шуда, ҳадаф ва вазифаҳои рисола, аҳамияти илмӣ ва амалии он инъикос ёфтааст.

*Дар боби аввал* маълумотҳои дар адабиёт оид ба роҳҳо ва воситаҳои коркарди ашёи хоми борӣ ва дигар чузъҳои муфид мавҷуд дида мешаванд. Дар асоси ин самт нақшаи тадқиқотҳои худ гузошта шудаанд.

*Дар боби дуюм* таркибҳои химиявӣ ва минералогии конҳои боросиликати мавзеи Ак-Архар ва усули муайян кардани ашёи истифодашаванда, инчунин усулҳои таҳлилҳои физикавӣю химиявӣ оварда шуда, таркиби концентрати мавзеи Ак-Архар, тағйиротҳо дар рафти раванд дар таркиби маъдан ва концентрат ба воситаи дериватограммаҳо муайян карда шудааст.

*Дар боби сеюм* асосҳои физикавӣю химиявӣ ва технологияи коркарди маъданҳои боросиликатӣ ва концентратҳои онҳо бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Инчунин нақшаи асосии таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ ва концентрати онҳо бо кислотаи сирко сохта шудааст.

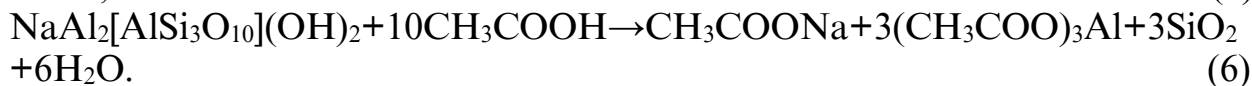
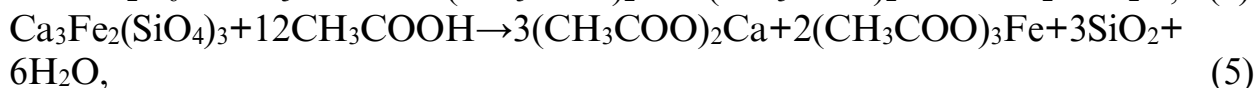
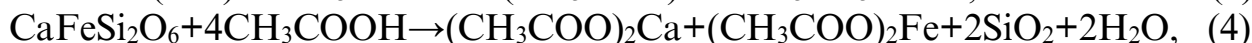
*Дар боби чорум* таҳлили муқоисавӣю таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко ва дигар маводҳо оварда шудаанд.

### 1. Асосҳои физикавӣю химиявӣю таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко

#### 1.1. Таъсири термодинамикии реаксияҳои зимни таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко гузаранда

Муҳимтарин маъданҳои конҳои боросиликати мавзеи Ак-Архар инҳоянд: данбурит -  $\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ , датолит -  $2\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , пироксенҳо (геденбергит) -  $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$ , гранат -  $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ , калсит -  $\text{CaCO}_3$ , ба миқдори кам гидроборасит -  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (ё  $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Ҷинси номуфид дар гипс -  $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , маъданҳои гилдор (гидрослюда -  $(\text{Na})\text{Al}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}[(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ ) ифода меёбад.

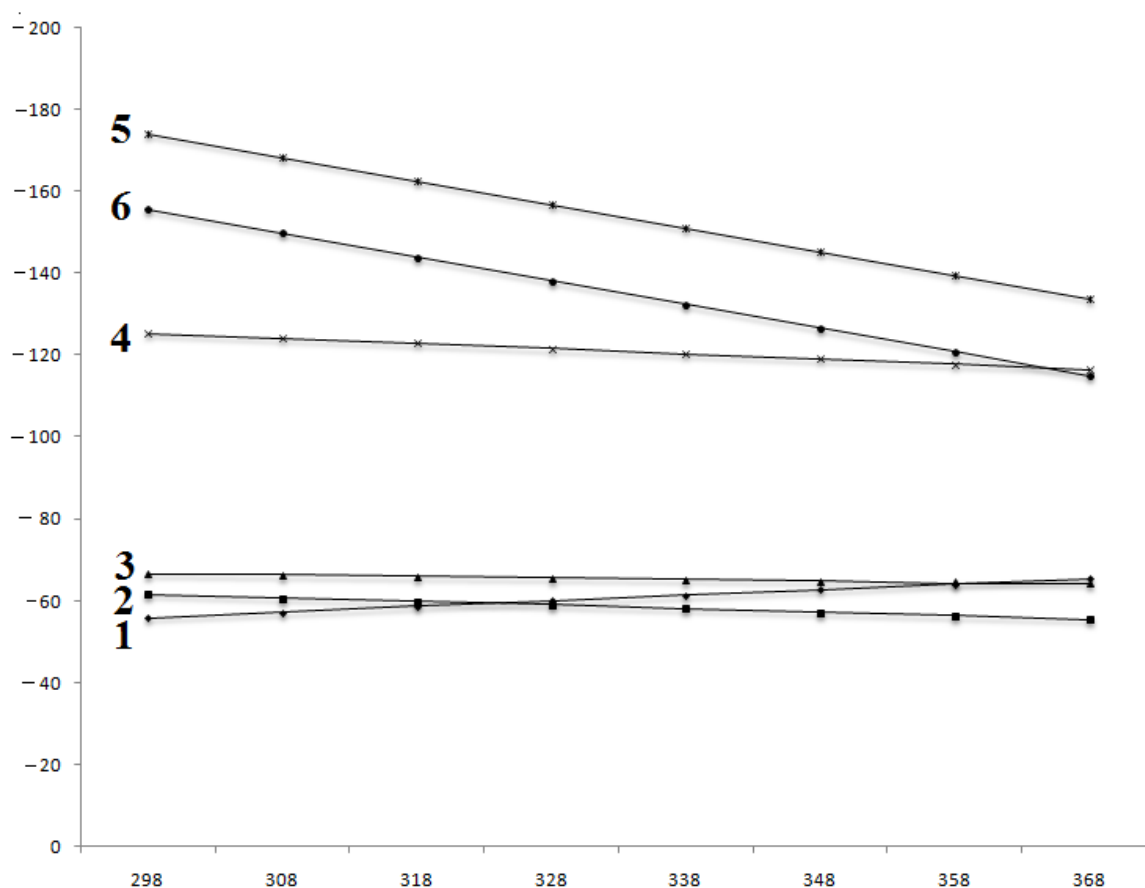
Ҳангоми таҷзияи маъданҳои таркиби конҳои боросиликатӣ эҳтимолияти гузариши чунин реаксияҳо мавҷуд аст:



Дар асоси тағйироти энталпия ва энтропияи реаксияҳои (1-6) тағйирёбии энергияи Гиббс дар ҳудуди ҳароратҳои 298-368 К ҳисоб карда шуданд.

**Ҷадвали 1** - Тағйироти энергияи Гиббс ( $\Delta G^0_T$ , кҶ/мол) дар ҳароратҳои гуногун

№ реаксия	$\Delta G^0_{298}$	$\Delta G^0_{308}$	$\Delta G^0_{318}$	$\Delta G^0_{328}$	$\Delta G^0_{338}$	$\Delta G^0_{348}$	$\Delta G^0_{358}$	$\Delta G^0_{368}$
1	-55,92	-57,27	-58,63	-59,98	-61,33	-62,69	-64,04	-65,39
2	-61,60	-60,73	-59,86	-58,99	-58,13	-57,26	-56,39	-55,52
3	-66,67	-66,32	-65,98	-65,64	-65,30	-64,95	-64,61	-64,27
4	-125,52	-124,25	-122,98	-121,71	-120,44	-119,17	-117,9	-116,63
5	-174,32	-168,54	-162,75	-156,97	-151,19	-145,41	-139,63	-133,85
6	-155,61	-149,82	-144,03	-138,24	-132,45	-126,66	-120,86	-115,07



**Расми 1** - Вобастагии  $\Delta G$  реаксияҳо аз ҳарорат (1 - калсит, 2 - данбурит, 3 - датолит, 4 – геденбергит, 5 - гранат, 6 – гидрослюда).

Тавре аз ҷадвали 1 ва расми 1 аён аст, дар реаксияи яқум, ки бо афзуншавии энтропия меғузарад ( $\Delta S > 0$ ), бо баланд шудани ҳарорат зиёд шудани қимати энергияи Гиббс қайд мегардад. Ин боиси гузариши хуби

раванд аст. Барои реаксияҳои дигар, ки бо кам шудани энтропия бо афзоиши ҳарорат мегузаранд, қиматҳои манфии  $\Delta G$  паст мегарданд. Аз ин рӯ, дар ин маврид, речаи баландҳароратӣ ба гузариши раванд монеа мегардад. Дар ҳароратҳои боз ҳам баланд  $\Delta G$  мусбат мегардад. Аммо дар ин системаҳо, равандҳои таҷзия дар ҳарорати мӯътадил рух медиҳанд ва тағйирёбии энергияи Гиббс ночиз аст.

## 1.2. Таҷзияи маъдани боросиликати ибтидоӣ

Коркарди данбуритро бо кислотаи сирко дар реактори термостатӣ –дар зарфи пирокандори ғунҷоишаш 0,2 л, ки бо хунуккунак ва омехтакунак мучаҳҳаз гардидааст, мегузаронем.

Андозаи кислотаро ҳангоми таҷзияи маъдани ибтидоии боросиликати аз рӯи миқдори оксидҳои калсий, алюминий, оҳан ва бор дар маъдан ва бо назардошти мубаддалшавии онҳо ба атсетатҳо ҳисоб кардем. Кислота ба миқдори 100-150% аз миқдори стехиометрӣ андозагирӣ карда шуд. Бо чунин миқдор, андозаи заррачаҳои на бештар аз 0,1 мм-и маъдан ва ҳарорати 90°C дар давоми 60 дақ ҳудуди 19,5%  $V_2O_3$  ба маҳлул ба намуди кислотаи борат мегузарад.

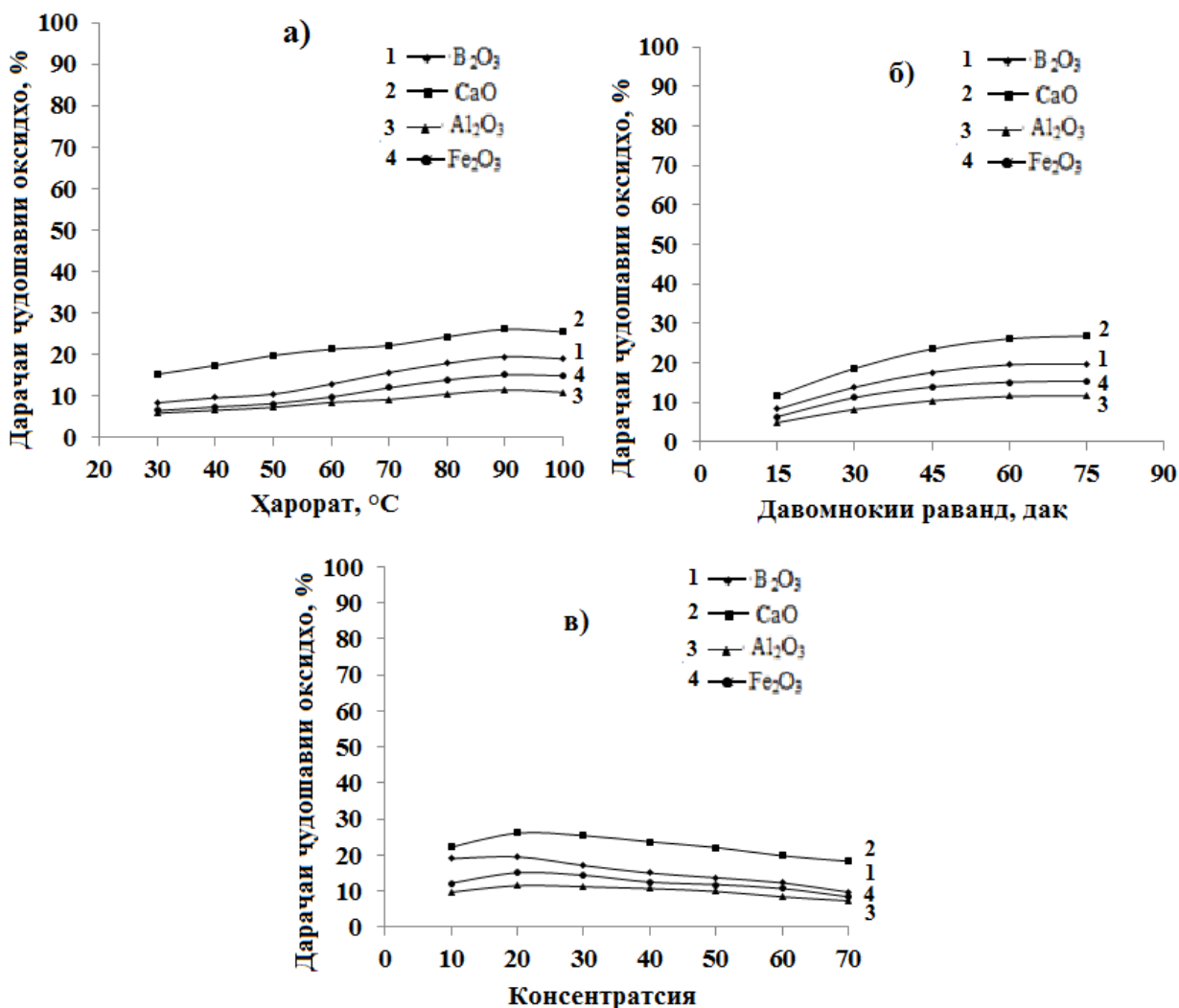
Натиҷаи тадқиқоти таъсири омилҳои гуногуни физикавӣю химиявӣ ба таҷзияи маъдани боросиликати бо кислотаи сирко дар расми 2 оварда шудааст.

Дар рафти реаксия ҳароратро дар доираи аз 20 то 100°C (расми 2а) тағйир додем. Муайян карда шудааст, ки аллақай дар ҳарорати 20-25°C данбурит ба кушодашавӣ оғоз мекунад. Маъдан бо кислотаи сиркои 15-20% дар давоми 60 дақ коркард мешавад. Дарачаи истихроҷи қисматҳо ба маҳлул бо баландшавии ҳарорат меафзояд ва дар 100°C чунин аст (бо %):  $V_2O_3$  – 19;  $Fe_2O_3$  – 14,9;  $Al_2O_3$  – 10,9 и  $CaO$  – 25,5.

Омӯзиши дарачаи истихроҷи чузъҳо аз давомнокии раванди таҷзияи маъдани боросиликати дар 90°C ва консентратсияи 15-20%-и кислота нишон дод, ки барои давомнокии 15 дақиқа аз вақти оғози раванди таъсири маъдан бо  $CH_3COOH$  ҷудошавӣ чунин аст (бо %):  $V_2O_3$  – 8,3;  $Al_2O_3$  – 4,9  $Fe_2O_3$  – 6,4 ва  $CaO$  – 11,7 (расми 2б). Қайд гардид, ки бо зиёд кардани вақти коркарди кислотагии ашёи хом то 75 дақ дарачаи истихроҷи чузъҳои маъдан зиёд гардида ба ҳадди худ мерасад (бо %):  $V_2O_3$  – 19,7;  $Al_2O_3$  – 11,6;  $Fe_2O_3$  – 15,4 ва  $CaO$  – 26,8. Афзоиши минбаъдаи вақти коркард дарачаи ҷудошавии оксидҳоро зиёд нагардонид.

Натиҷаҳои тадқиқоти таъсири консентратсияи кислотаи сирко ва андозаи он нишон медиҳанд, ки дарачаи ифтитоҳи маъдан бо афзоиши консентратсия аз 10 то 70% тағйир меёбад. Маълум шуд, ки консентратсияи беҳтарини кислота  $\sim 20\%$  аст, дар ҳоле ки дарачаи ҷудошавӣ ба миқдори ҳаддӣ (бо %) мерасад:  $V_2O_3$  – 19,7;  $Al_2O_3$  – 11,6;  $Fe_2O_3$  – 15,4 ва  $CaO$  – 26,8 (расми 2в). Афзоиши минбаъдаи консентратсияи кислотаи сирко ба тағйироти назаррас дар дарачаи истихроҷи чузъӣ мусоидат накард.





**Расми 2** – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳои  $B_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  ва  $Fe_2O_3$  аз таркиби маъдани боросиликати ибтидоӣ аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) консентратсияи  $CH_3COOH$  (андозаи зарраҳо  $< 0.1$  мм; ҳарорат –  $90^\circ C$ ; давомнокии раванд – 60 дақ).

Мувофиқи натиҷаҳои тадқиқоти таҷзияи маъдани ибтидоии боросиликатӣ бо кислотаи сирко чунин шароитҳои беҳтарин тавсия мешаванд: вақти раванд – 60 дақиқа; ҳарорати таҷзия -  $90-95^\circ C$ ; миқдори кислотаи сирко - 140-150% аз стехиометрӣ ва консентратсияи кислота - 15-20% мас.

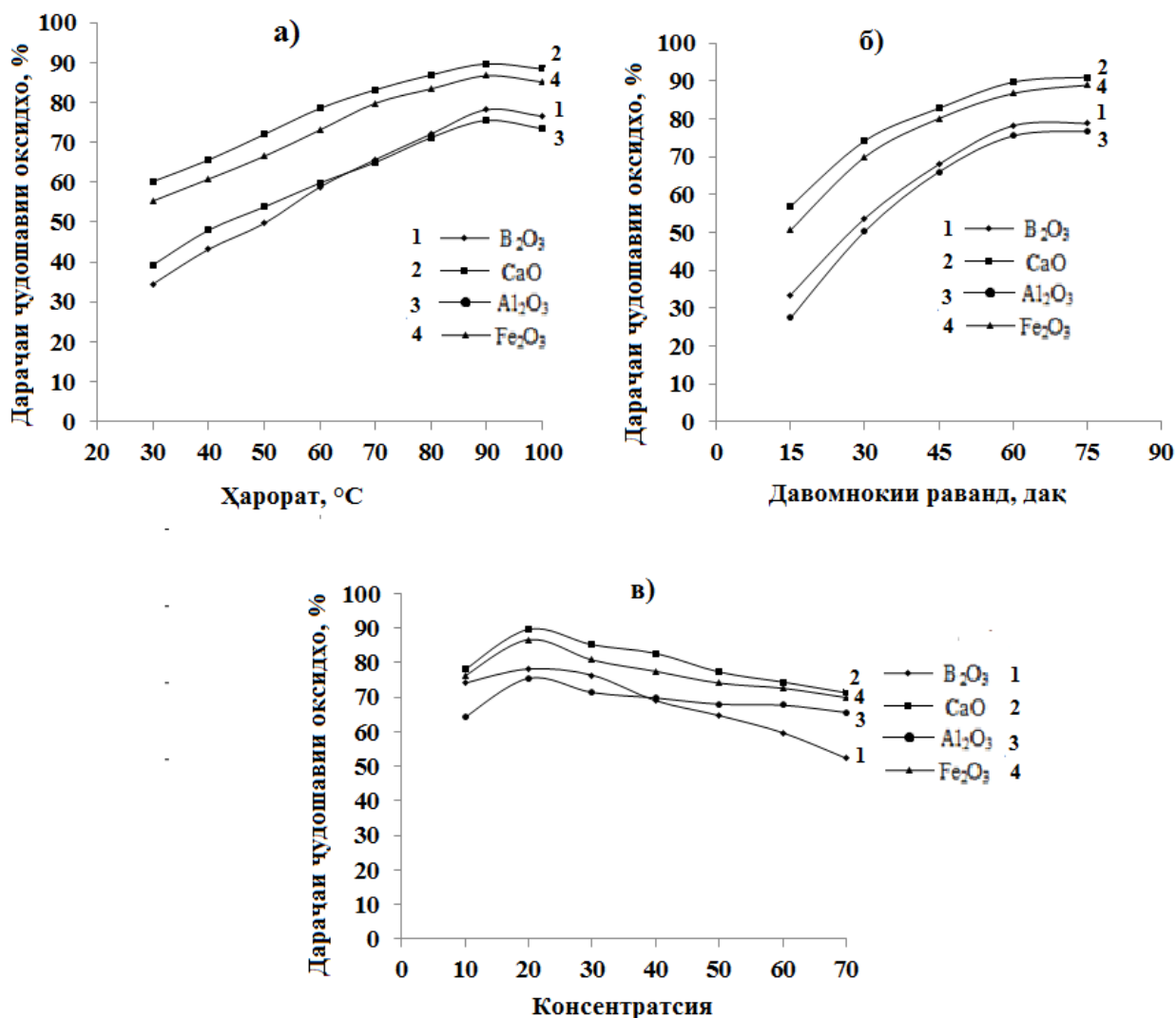
### 1.3. Таҷзияи маъдани боросиликати сӯзонида

Коркарди ҳарорати маъдани ибтидоии боросиликати ро дар ҳарорати  $900-1050^\circ C$  дар муддати 50-60 дақ гузаронидем. Ҳангоми коркарди ҳарорати маъдани ибтидоии боросиликатӣ як силсила тағйирот рух дода, рафти раванди таҷзия тезтар ва бо ҳосили баланди ҷузъҳои муфид мегузарад.

Ҳангоми таҷзияи маъдани ибтидоии боросиликатӣ андозаи кислотаро аз рӯи миқдори оксидҳои калсий, алюминий, оҳан ва бор дар

маъдан ва бо назардошти мубаддалшавии онҳо ба атсетатҳо ҳисоб кардем. Дар робита ба таҷзияи нопурраи маъданҳои чинсҳои нолозим имконпазир мегардад, ки кислотаро дар ҳаҷми 100-150% аз миқдори стехиометрӣ гирем. Дар ин миқдори кислота, андозаи ҳиссачаҳои маъдани камтар аз 0,1 мм ва ҳарорати на камтар аз 100°C дар 45-60 дақиқа ҳудуди 78,2%  $V_2O_5$  ҳамчун кислотаи борат ба маҳлул мегузарад.

Натиҷаи тадқиқоти таъсири омилҳои гуногуни физикавӣ ва химиявӣ барои таҷзияи маъдани боросиликати сӯзонида бо кислотаи сирко дар расми 3 оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки аллақай дар ҳарорати 20-25°C данбурит ба кушодашавӣ оғоз мекунад. Маъдан бо кислотаи сиркоӣ 18-20% дар давоми 60 дақ қоркард мешавад. Дарачаи истихроҷи қисматҳо ба маҳлул бо баландшавии ҳарорат меафзояд ва дар 100°C чунин аст (бо %):  $V_2O_5$  – 76,5;  $Fe_2O_3$  – 85,1;  $Al_2O_3$  – 73,4 ва  $CaO$  – 88,4.

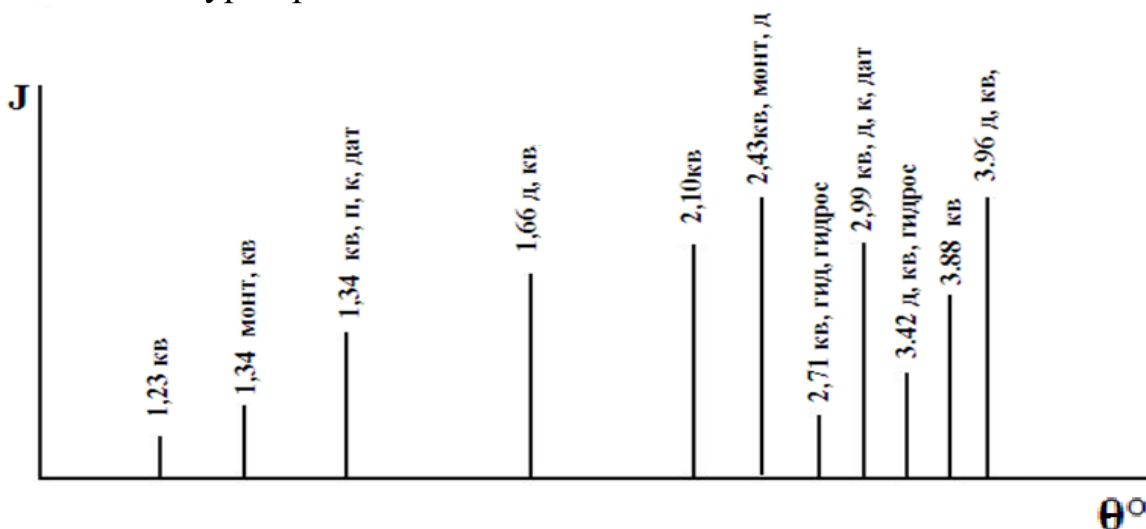


**Расми 3** – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳо аз таркиби маъдани боросиликати сӯзонида аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи  $CH_3COOH$  (андозаи заррачаҳо < 0.1 мм; ҳарорат – 90°C; давомнокии раванд – 60 дақ).

Омӯзиши дараҷаи истихроҷи чузъҳо аз давомнокии раванди таҷзияи маъдани боросиликатӣ дар  $90^{\circ}\text{C}$  ва концентратсияи 15-20%-и кислота нишон дод, ки аллақай дар 15 дақиқа аз вақти оғози раванди таъсири маъдан бо  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ҷудошавӣ ба чунин дараҷа мерасад (бо %):  $\text{V}_2\text{O}_5 - 33.5$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 27.9$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 50.6$  ва  $\text{CaO} - 56.9$  (расми 3б). Қайд гардид, ки бо зиёд кардани вақти коркарди кислотагии ашёи хом то 75 дақ дараҷаи истихроҷи ҳамаи чузъҳои маъдан зиёд гардида ба ҳадди худ мерасад (бо %):  $\text{V}_2\text{O}_5 - 78.8$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 76.7$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 88.9$  ва  $\text{CaO} - 91$ . Афзоиши минбаъдаи вақти коркард дараҷаи ҷудошавии оксидҳоро зиёд нагардонид.

Натиҷаҳои тадқиқоти таъсири концентратсияи кислотаи сирко ва андозаи он нишон медиҳанд, ки дараҷаи ифтитоҳи маъдан бо афзоиши концентратсия аз 10 то 70% хеле тағйир меёбад. Маълум шуд, ки концентратсияи беҳтарини кислота  $\sim 20\%$  аст, дар ҳоле ки дараҷаи ҷудошавӣ ба миқдори ҳаддӣ (бо %) мерасад:  $\text{V}_2\text{O}_5 - 78.2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 75.5$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 86.7$  ва  $\text{CaO} - 89.7$  (расми 3в). Афзоиши минбаъдаи концентратсияи кислотаи сирко ба тағйироти назаррас дар дараҷаи истихроҷи чузъӣ мусоидат накард.

Мувофиқи натиҷаҳои тадқиқотҳои гузаронидашуда оид ба таҷзияи маъдани сӯзонидаи боросиликатӣ бо кислотаи сирко чунин шароитҳои беҳтаринро тавсия додан мумкин аст: вақти раванд – 60 дақиқа; давомнокии сӯзониш – 60 дақиқа; ҳарорати сӯзониш –  $950-980^{\circ}\text{C}$  ҳарорати таҷзия –  $90^{\circ}\text{C}$ ; миқдори кислотаи сирко - 140-150% аз стехиометрӣ ва концентратсияи кислота - 15-20% мас. Ҳангоми таҷзияи ашёи хоми бордор маъдани данбуритӣ аз ҷиҳати химиявӣ бой гардида, ғашҳои балластӣ, бо ҷудошавии қисматҳои фойданок ба маҳлул, аз даври технологӣ дур карда мешаванд.



**Расми 4** - Штрих-диаграммаи боқимондаи маъдани данбуритӣ баъди гузаронидани таҷзия бо кислотаи сирко: кв – кварс, д - данбурит, дат – датолит, к - калсит, п - пироксен, гид - гидроборасит, гидрос – гидрослюда, м –монтмориллонит.

Тадқиқоти натиҷаҳои таҳлили химиявӣ нишон дод, ки ҳангоми таҷзия бо кислотаи сирко дараҷаи ҷудошавии оксидҳои  $Fe_2O_3$ ,  $B_2O_3$  ва  $CaO$  қимати ҳаддиро мегиранд. Натиҷаҳои таҳлили химиявӣ бо тадқиқи штрих-диаграммаи боқимондаи маъдани данбуритӣ баъди гузаронидани таҷзия бо кислотаи сирко тасдиқ карда шуданд (расми 4).

## **2. Асосҳои физикавӣю химиявӣю таҷзияи концентрати маъдани боросиликатӣ бо кислотаи сирко**

### **2.1. Таҷзияи концентрати маъданҳои боросиликатӣ**

Андозаи кислотаро ҳангоми таҷзияи концентрати данбурит аз рӯи миқдори оксидҳои калсий, алюминий, оҳан ва бор дар маъдан ва бо назардошти мубаддалшавии онҳо ба атсетатҳо ҳисоб кардем. Аз сабаби нопурра вайрон шудани маъданҳои ҷинси бефоида кислотаро ба миқдори 100-150% аз миқдори стехиометрӣ андозагирӣ кардан мумкин аст. Бо чунин миқдор, андозаи заррачаҳои на бештар аз 0,1 мм-и маъдан ва ҳарорати на камтар аз 90°C дар 60 дақ ҳудуди 20,1%  $B_2O_3$  ба маҳлул ба намуди кислотаи борат мегузарад.

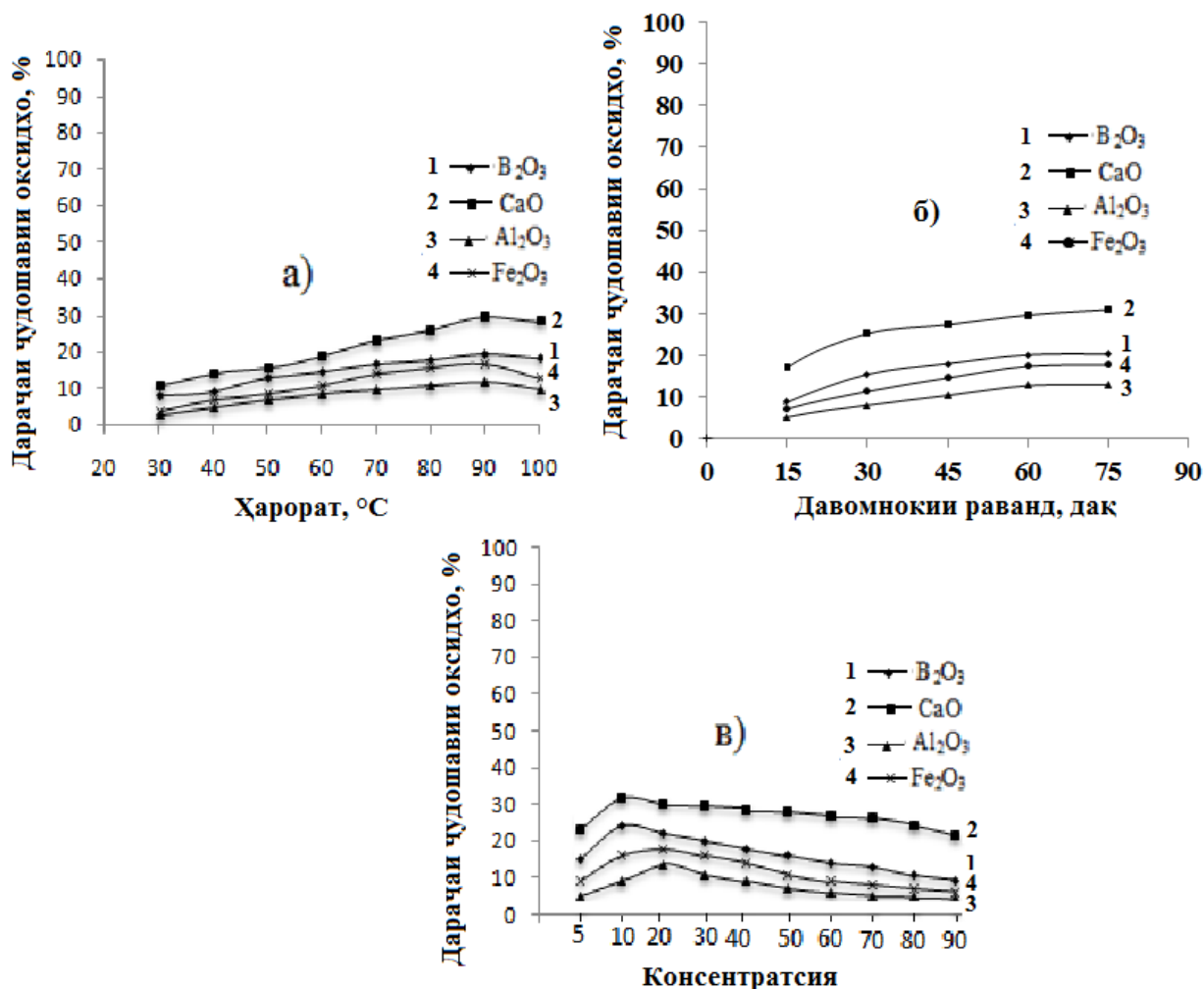
Натиҷаи тадқиқоти таъсири омилҳои гуногуни физикавӣю химиявӣю ба таҷзияи концентрати данбурит бо кислотаи сирко дар расми 5 оварда шудааст.

Дар рафти реаксия таъсири ҳарорат дар доираи аз 20 то 100°C (расми 5а) омӯхта шуд. Муайян карда шудааст, ки аллақай дар ҳарорати 20-25°C данбурит ба ҷудошавӣ оғоз мекунад. Маъдан бо кислотаи сиркои 10-15% дар давоми 60 дақ коркард шуд. Дараҷаи истихроҷи қисматҳо ба маҳлул бо баландшавии ҳарорат меафзояд ва дар 100°C чунин аст (бо %):  $B_2O_3$  – 20,1;  $Fe_2O_3$  – 17,2;  $Al_2O_3$  – 12,5 ва  $CaO$  – 30,4.

Омӯзиши дараҷаи истихроҷи ҷузъҳо аз давомнокии раванди таҷзияи маъдани боросиликатӣ дар 100°C ва концентратсияи 10-15%-и кислота нишон дод, ки аллақай барои давомнокии 15 дақиқа аз вақти оғози раванди таъсири маъдан бо  $CH_3COOH$  ҷудошавӣ чунин аст (бо %):  $B_2O_3$  – 9,1;  $Al_2O_3$  – 5,2;  $Fe_2O_3$  – 8,8 ва  $CaO$  – 14,8 (расми 5б). Қайд гардид, ки бо зиёд кардани вақти коркарди кислотагии ашёи хом то 60 дақ дараҷаи истихроҷи ҷузъҳои маъдан зиёд гардида ба ҳадди худ мерасад (бо %):  $B_2O_3$  – 20,1;  $Al_2O_3$  – 11,5;  $Fe_2O_3$  – 17,6 ва  $CaO$  – 30,2. Афзоиши минбаъдаи вақти коркард дараҷаи ҷудошавии оксидҳоро зиёд нагардонид.

Натиҷаҳои тадқиқоти таъсири концентратсияи кислотаи сирко ва андозаи он нишон медиҳанд, ки дараҷаи ифтитоҳи маъдан бо афзоиши концентратсия аз 5 то 90% хеле тағйир меёбад. Маълум шуд, ки концентратсияи беҳтарини кислота ~ 15% аст, дар ҳоле ки дараҷаи ҷудошавӣ ба миқдори ҳаддӣ (бо %) мерасад:  $B_2O_3$  – 20,9;  $Al_2O_3$  – 12,9;  $Fe_2O_3$  – 17,5 ва  $CaO$  – 29,2 (расми 5в). Афзоиши минбаъдаи

концентратсияи кислотаи сирко ба тағйироти назаррас дар дараҷаи истихроҷи ҷузъӣ мусоидат накард.



**Расми 5** - Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳои B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> аз таркиби концентрати маъдани боросиликатӣ аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи СН<sub>3</sub>COOH (андозаи зарраҳо < 0.1 мм; ҳарорат – 90°C; давомнокии раванд – 60 дақ, 1 – B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2 – CaO; 3 – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 4 – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

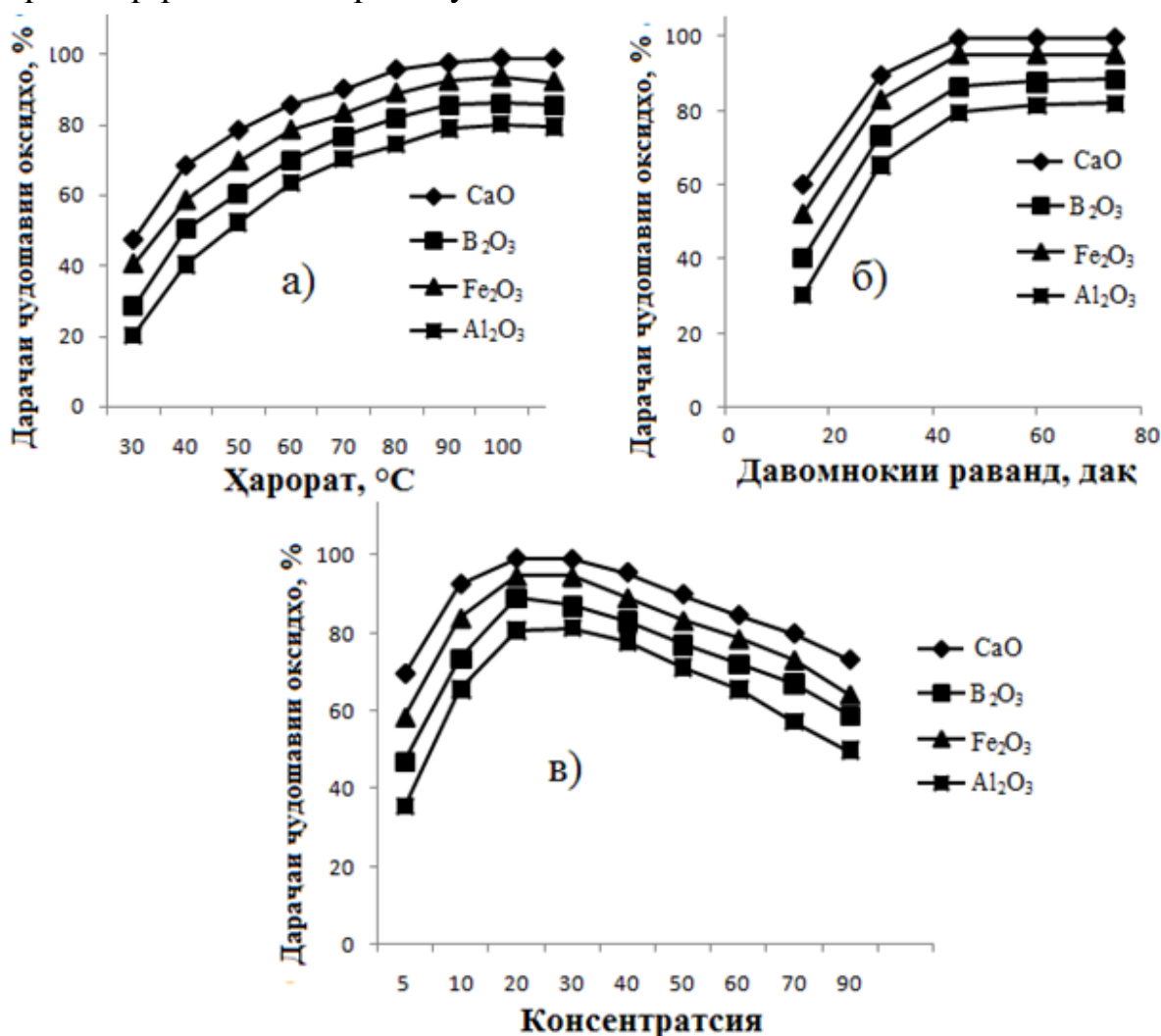
Мувофиқи натиҷаҳои тадқиқоти таҷзияи концентрати данбурит бо кислотаи сирко чунин шароитҳои беҳтарин тавсия мешаванд: вақти раванд – 60 дақиқа; ҳарорати таҷзия - 90-95°C; миқдори кислотаи сирко - 140-150% аз стехиометрӣ ва концентратсияи кислота - 10-15% мас.

## 2.2. Таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида

Коркарди ҳароратии концентрати данбуритро дар ҳарорати 900-1050°C дар муддати 50-60 дақ гузаронидем. Ҳангоми коркарди ҳароратии концентрати данбурит як силсила тағйирот рух дода, рафти раванди таҷзия тезтар ва бо ҳосили баланди ҷузъҳои муфид мегузарад.

Ҳангоми таҷзияи концентрати данбурит андозаи кислотаро аз рӯи миқдори оксидҳои калсий, алюминий, оҳан ва бор дар маъдан ва бо назардошти мубаддалшавии онҳо ба атсетатҳо ҳисоб кардем. Дар робита ба таҷзияи нопурраи маъданҳои ҷинсҳои нолозим имконпазир мегардад, ки кислотаро дар ҳаҷми 100-150% аз миқдори стехиометрӣ гирем. Дар ин миқдори кислота, андозаи ҳиссачаҳои маъдани камтар аз 0,1 мм ва ҳарорати на камтар аз 95°C дар 35-45 дақиқа ҳудуди 91,5%  $B_2O_3$  ҳамчун кислотаи борат ба маҳлул мегузарад.

Натиҷаи тадқиқоти таъсири омилҳои гуногуни физикавӣ ва химиявӣ барои таҷзияи концентрати данбурити пешакӣ сӯзонида бо кислотаи сирко дар расми 6 оварда шудааст.



**Расми 6** – Вобастагии дараҷаи ҷудошавии оксидҳои  $B_2O_3$ , CaO,  $Al_2O_3$  ва  $Fe_2O_3$  аз таркиби концентрати сӯзонидаи данбурит аз: а) ҳарорат; б) давомнокии раванд; в) концентратсияи  $CH_3COOH$  (андозаи заррачаҳо < 0.1 мм; ҳарорат – 90°C; давомнокии раванд – 60 дақ).

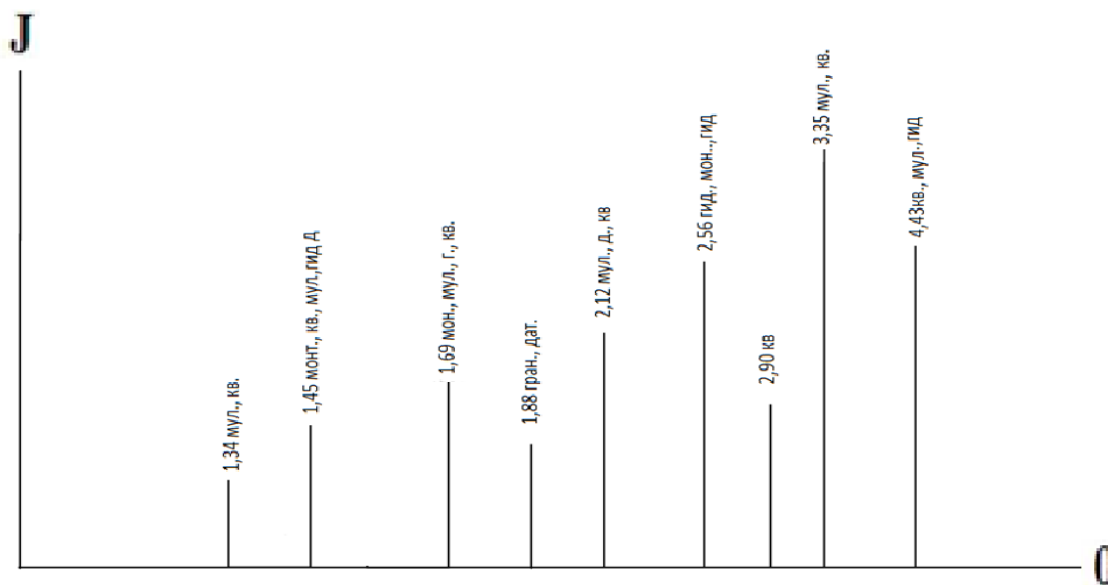
Таъсири ҳарорат ба рафти реаксия дар доираи аз 20 то 100°C омӯхта шудааст. Қайд шудааст, ки аллақай дар ҳарорати 20-25°C концентрати данбурити пешакӣ сӯзонида ба кушодашавӣ оғоз мекунад. Маъдан бо кислотаи сиркоии 18-20% дар давоми 45 дақ коркард мешавад.

Дараҷаи истихроҷи ҷузъҳо ба маҳлул бо баландшавии ҳарорат меафзояд ва дар 95°C чунин аст (бо %):  $V_2O_3$  – 91.3;  $Fe_2O_3$  – 92,2;  $Al_2O_3$  - 87.5 ва  $CaO$  – 96.7.

Омӯзиши дараҷаи истихроҷи ҷузъҳо ҳангоми таҷзияи концентрати данбурити пешакӣ сӯзонида аз давомнокии раванди таҷзия дар 90°C ва концентратсияи 15-20%-и кислота нишон дод, ки аллакай дар 15 дақиқа аз вақти оғози раванди таъсири концентрати данбурит бо  $CH_3COOH$  ҷудошавӣ ба чунин дараҷа мерасад (бо %):  $V_2O_3$  – 41.2;  $Al_2O_3$  – 32,5;  $Fe_2O_3$  – 52.4 ва  $CaO$  – 60,3 (расми 6б). Қайд гардид, ки бо зиёд кардани вақти коркарди кислотагии ашёи хом то 60 дақ дараҷаи истихроҷи ҳамаи ҷузъҳои маъдан зиёд гардида ба ҳадди худ мерасад (бо %):  $V_2O_3$  – 91.3;  $Al_2O_3$  – 87,7;  $Fe_2O_3$  – 92.3 ва  $CaO$  – 95.8. Афзоиши минбаъдаи вақти коркард дараҷаи ҷудошавии оксидҳоро зиёд нагардонид.

Натиҷаҳои тадқиқоти таъсири концентратсияи кислотаи сирко ва андозаи он нишон медиҳанд, ки дараҷаи ифтитоҳи маъдан бо афзоиши концентратсия аз 5 то 93% хеле тағйир меёбад. Маълум шуд, ки концентратсияи беҳтарини кислота ~ 20% аст, дар ҳоле ки дараҷаи ҷудошавӣ ба миқдори ҳаддӣ (бо%) мерасад:  $V_2O_3$  – 90.5;  $Al_2O_3$  - 86.4;  $Fe_2O_3$  – 93 ва  $CaO$  – 95,4 (расми 6в). Афзоиши минбаъдаи концентратсияи кислотаи сирко ба тағйироти назаррас дар дараҷаи истихроҷи ҷузъӣ мусоидат накард.

Мувофиқи натиҷаҳои тадқиқотҳои гузаронидашуда оид ба таҷзияи концентрати сӯзонидаи данбурит бо кислотаи сирко чунин шароитҳоро тавсия додан мумкин аст: вақти раванд – 45 дақиқа; давомнокии сӯзониш – 60 дақиқа; ҳарорати сӯзониш – 950-980°C ҳарорати таҷзия – 95°C; миқдори кислотаи сирко - 140-150% аз стехиометрӣ ва концентратсияи кислота - 15-20% мас.



**Расми 7** Штрих-диаграммаи боқимондаи концентрати сӯзонидаи боросиликатӣ баъди гузаронидани таҷзия бо кислотаи сирко : кв – кварс, д – данбурит, дат – датолит, к – калсит, гидрос – гидрослюда, монт - монтмориллонит, мул - муллит.

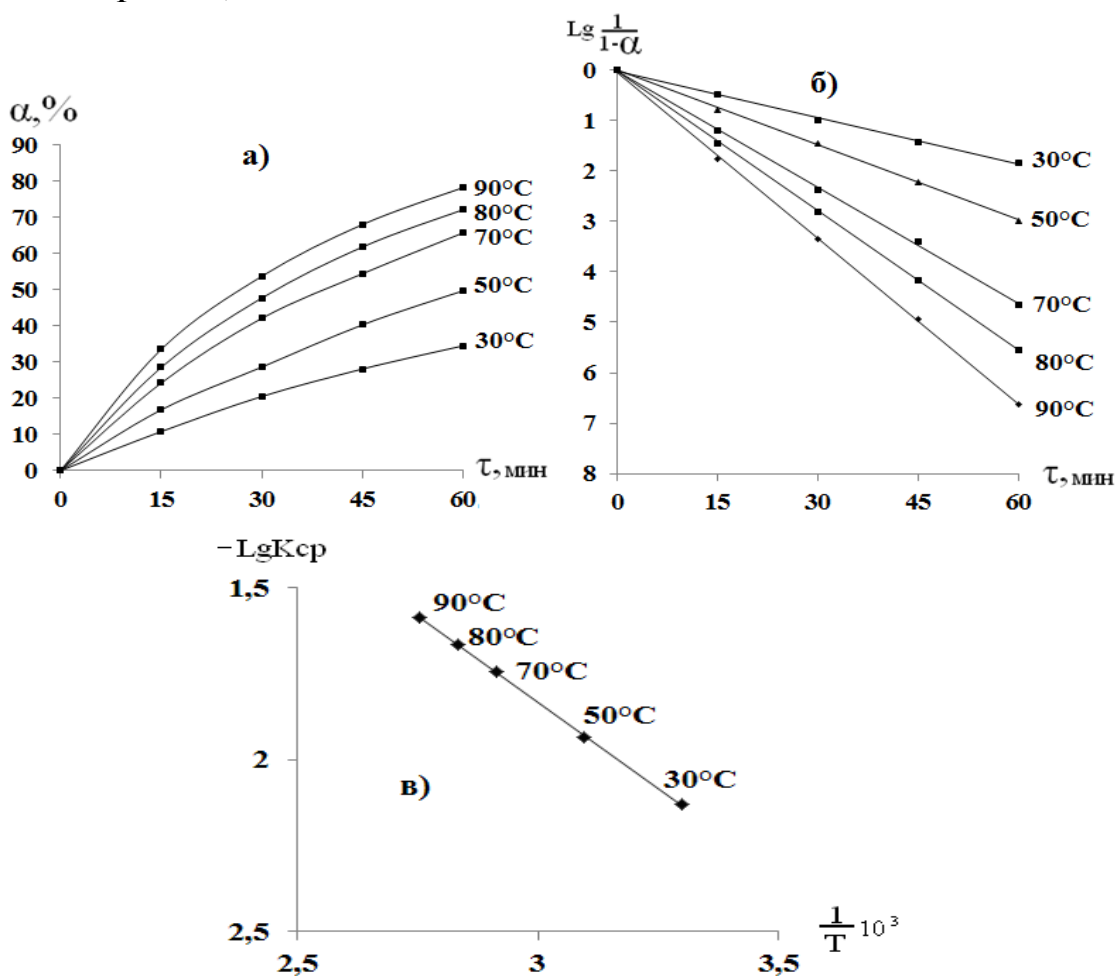


Асли будани натиҷаҳои таҳлилҳои химиявиро штрих-диаграммаи боқимондаи концентрати сӯзонидаи боросиликатӣ баъди гузаронидани таҷзия бо кислотаи сирко тасдиқ мекунад, ки дар расми 7 оварда шудааст. Аз расм дидан мумкин аст, ки қуллаҳои ба маъданҳои оҳандор: гранат ва пироксен, инчунин данбурит тааллуқдошта гум шуда, будани кварсро тасдиқкунанда баръакс меафзоянд. Минералҳои бор ва оҳандор – гранат, пироксенҳо, гидроборасит ва данбурит ба маҳлул мегузаранд.

### 3. Кинетикаи таҷзияи маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко

#### 3.1. Кинетикаи таҷзияи маъдани ибтидоии сӯзонидаи боросиликатӣ бо кислотаи сирко

Аз қачхатҳои кинетикии (расми 8а) таҷзияи маъдани ибтидоии боросиликатӣ бо кислотаи сирко ҳангоми ҷудокунии оксиди бор ба маҳлул дидан мумкин аст, ки таҷзияи ашёи хоми борӣ ба таври кофӣ босуръат гузашта, дар доираи 60 дақиқа дар ҳарорати 90 ° истихроҷи оксиди бор 78,2-78,8%-ро ташкил медиҳад. Дар 80 ° С, барои ҳамин гуна вақт истихроҷ 72,1% аст.



**Расми 8** - Вобастагии дараҷаи истихроҷи B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> аз: давомнокии раванди таҷзия (а), вобастагии  $\text{lg} 1/(1-\alpha) \cdot 10$  аз вақт (б) ва вобастагии  $\text{lg} K_m$  аз ҳарорати мутлақи баръакс  $1/T \cdot 10^3$  (в), ҳангоми истихроҷи B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ба



маҳлул дар натиҷаи коркарди маъдани ибтидоии боросиликатӣ бо 20%  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

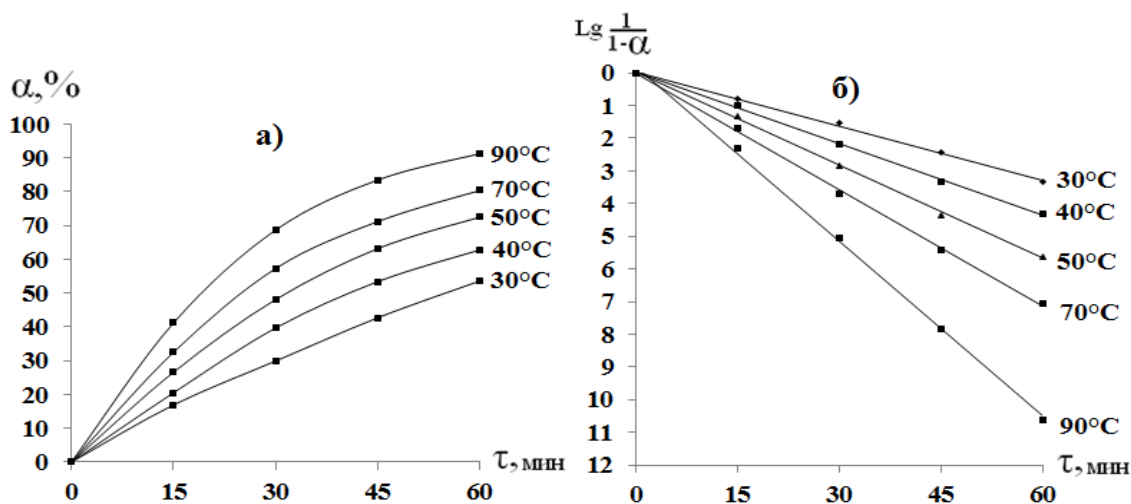
Константаҳои суръати таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо истифода аз муодилаи кинетикии тартиби якум ҳисоб карда шуд.

Графики сохташудаи (расми 8а) вобастагии  $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$  аз вақт хати рост мебошад. Вобастагии хаттии  $\lg K_m$  аз  $1/T \cdot 10^3$  (расми 8б) нишон медиҳад, ки тағйирёбии константаи суръати таҷзияи маъдани боросиликатӣ бо кислотаи сирко аз ҳарорат ба қонуни Аррениус итоат мекунад.

Энергияи активатсияи раванди таҷзияи ашёи хоми ибтидоии бор бо истифода аз муодилаи Аррениус ва қимати тангенсӣ кунҷи хобиш ба хати  $1/T$  ҳисоб карда шуд. Ҳарду қиматҳо яхела буда, ба 19 кҶ/мол баробаранд. Қимати энергияи активатсия нишон медиҳад, ки раванд дар минтақаи диффузионӣ мегузарад.

### 3.2. Кинетикаи таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида бо кислотаи сирко

Қиматҳои таҷрибаҳои кинетикаи истихроҷи оксиди бор аз таркиби концентрати маъдани боросиликатӣ ҳангоми таҷзия бо кислотаи сирко дар доираи ҳароратҳои 30-90°C ва давомнокии 15 то 60 дақиқа (расми 9) ба даст оварда шудаанд.



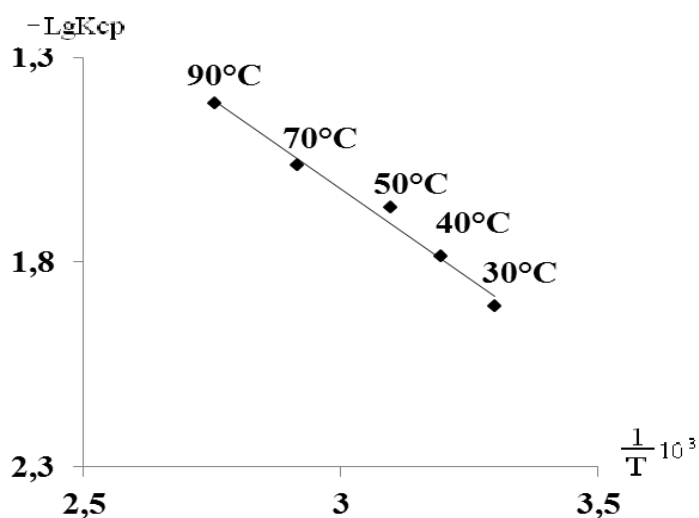
Расми 9 – Вобастагии дараҷаи истихроҷи ( $\alpha$ ) оксиди бор аз вақт (а) ва  $\lg \frac{1}{1-\alpha} \cdot 10$  аз вақт (б) ҳангоми таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида бо кислотаи сирко.

Намуди қачхатҳои кинетикӣ (расми 9а) нишон медиҳад, ки дар давоми 60 дақиқа дар ҳарорати 90°C дараҷаи истихроҷи  $\text{V}_2\text{O}_3$  90.1%-ро ташкил медиҳад.

Константаҳои суръати таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида бо назардошти он ҳисоб карда шуд, ки реаксияи таҷзия ба муодилаи тартиби якум ҷавобгӯ аст.

Графики вобастагии  $\lg 1/(1-\alpha) \cdot 10$  аз вақт (расми 9б) нишон медиҳад, ки нуқтаҳои таҷрибавӣ дар ҳароратҳои гуногун ба таври қаноатбахш ба хати рост меҳобанд ва нишебии манфӣ доранд.

Энергияи активатсия бо соختани графики вобастагии  $\lg K$  аз  $(1/T \cdot 10^3)$ , ки дар он хати рост пайдо мешавад (расми 10) муайян карда шудааст.



**Расми 10** - Вобастагии  $\lg K$  аз ҳарорати мутлақи баръакс ҳангоми таҷзияи концентрати маъдани боросиликатӣ бо кислотаи сирко.

Тавре, ки дар расми 10 дида мешавад, нуқтаҳо ба таври қаноатбахш дар хати рости Аррениус меҳобанд. Аз рӯи нишебии он энергияи активатсия ҳисоб карда шудааст, ки 18,36 кҶ /молро ташкил медиҳад. Қимати ададии энергияи активатсия ва вобастагии суръати реаксия аз андозаи зарраҳо ва давомнокии раванди таҷзияи концентрати маъдани боросиликатӣ бо кислотаи сирко аз он гувоҳӣ медиҳанд, ки раванд дар минтақаи диффузионӣ мегузарад.

### 3.3. Соختани нақшаи асосии технологияи коркарди маъданҳои боросиликатӣ бо кислотаи сирко

Барои ҳосил кардани кислотаи борат асосан роҳҳои кислотагиро кор мефармоянд, бо усули ишқорӣ бошад, асосан бураро истехсол мекунанд. Дастрасӣ ва истифодаи кислотаи сиркои концентратсияш нисбатан паст боиси истифодаи саноатии усули истехсоли кислотаи борат бо кислотаи сирко мегардад.

Дар асоси тадқиқотҳои гузаронидашуда нақшаи асосии технологияи ҳосил кардани кислотаи борат аз ашёи боросиликати мавзеи Ак-Архар бо усули атсетатӣ тарҳ ва пешниҳод карда шудааст.

Намунаи маъдани боросиликатӣ хурд карда шуда, таҷзия дар реактори термостатӣ бо омехтакунак гузаронида мешавад. Пулпаро филтр карда бо об мешӯянд. Дар маҳлул миқдори оҳан, алюминий, бор ва калсийро аз рӯи қоида муайян мекунанд.

Дар расми 11 нақшаи асосии коркарди данбурит (данбурити ибтидоӣ ва концентрати данбурит) бо усули атсетатӣ нишон дода шудааст, ки дар он то оғози коркарди кислотагӣ пухтани данбурит дар ҳарорати 950-980°C давоми 60 дақ пешниҳод шудааст.

Баъди коркарди ҳароратӣ данбуритро то ба андозаи заррачаҳои 0.1-0.3 мм майда карда, бо 15-20% кислотаи сирко таъсир мекунем. Барои ҳал шудани атсетатҳои гидролизшуда, баъди таҷзия бо кислотаи сирко, ба омехтаи реаксионӣ кислотаи сероби хлорид ҳамроҳ карда мешавад.

Аз маҳлул бо усули рекристаллизатсия кристаллҳои кислотаи боратро ба даст оварда, бо филтратсия ҷудо мекунем. Баъд аз хушккунӣ кислотаи борати хушк ҳосил мешавад. Ҷамчунин, ҷудо намудани хлоридҳои алюминий, оҳан ва калсий пешниҳод карда мешавад. Бақияи сахтро, ки иборат аз оксидҳои силитсий ва калсий ва минералҳои дигар, чун кварс, калсит, қисмати таҷзияношудаи данбурит ва ғайра мебошад, ҳамчун мавод дар саноати масолеҳи сохтмон истифода бурдан мумкин аст.



Расми 11 – Нақшаи асосии технологии коркарди маъданҳои боросиликатӣ бо усули атсетатӣ.

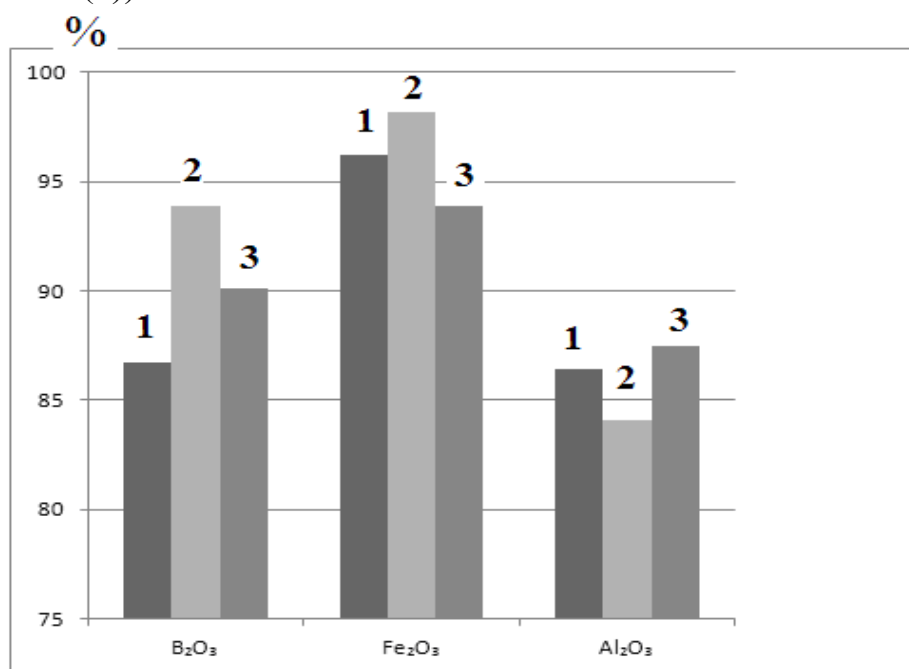
## АНҶОМ

Дар кори чорӣ баҳодиҳии раванди таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида бо кислотаи сирко ва кислотаҳои минералӣ оварда шудааст.

Дар расми 12 диаграммаи раванди истихроҷи чузъҳои муфид дар вақти таҷзияи кислотагии концентрати боросиликати сӯзонида дар параметрҳои беҳтарин нишон дода шудааст. Параметрҳои беҳтарини таҷзияи концентрати боросиликати тақрибан дар  $1000^{\circ}\text{C}$  сӯзонида бо кислотаи хлорид зайл аст: ҳарорати таҷзия -  $80-90^{\circ}\text{C}$ , давомнокии раванд - 60 дақ, концентратсияи  $\text{HCl}$  - 20% (расми 12 (1)).

Пештар аз ин таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида бо кислотаи нитрат омӯхта шуда, шароитҳои зерини гузариши раванд ёфт шудаанд: ҳарорат -  $90-95^{\circ}\text{C}$ , вақти раванд - 60 дақ, концентратсияи кислотаи нитрат - 15-20% мас (расми 12 (2)).

Барои таҷзия бо кислотаи сирко параметрҳои зерин ёфт шудаанд: ҳарорати сӯзониш -  $950-980^{\circ}\text{C}$ , ҳарорати таҷзия баъди сӯзондан -  $95^{\circ}\text{C}$ , концентратсияи кислотаи атсетат - 15-20% мас, давомнокии раванд - 45 дақ (расми 12 (3)).

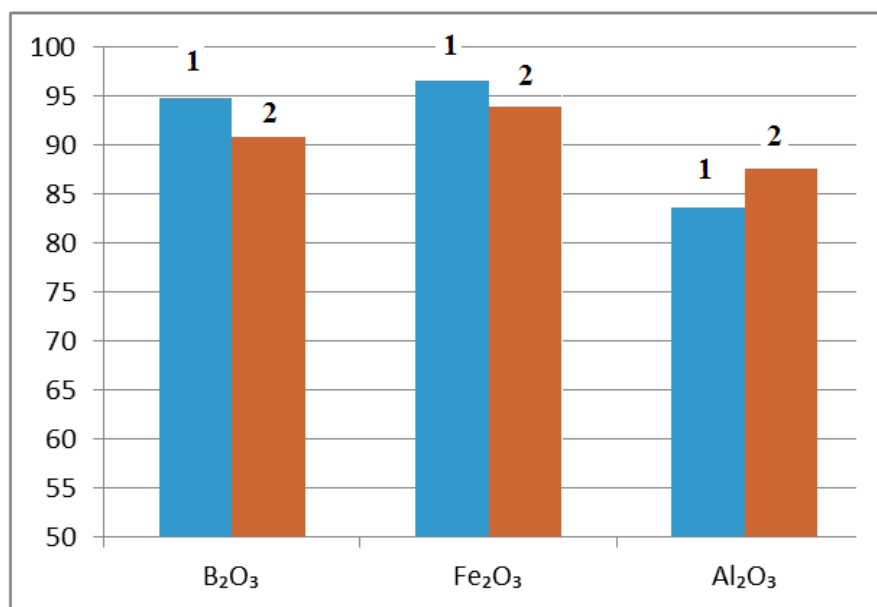


**Расми 12** – Истихроҷи чузъҳои муфид аз концентрати боросиликати сӯзонида бо кислотаҳои хлорид, нитрат ва атсетат (1 –  $\text{HCl}$ , 2 -  $\text{HNO}_3$ , 3 –  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Баҳодиҳии муқоисавии раванди таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида бо ишқор ва кислотаи сирко оварда шудааст.

Параметрҳои беҳтарини таҷзияи ишқории концентрати боросиликати дар  $900-1000^{\circ}\text{C}$  сӯзонида зайл аст: ҳарорати таҷзия -  $80-90^{\circ}\text{C}$ , вақти раванд - 120 дақ, концентратсияи  $\text{NaOH}$  - 10-12% мас (расми 13 (1)).

Барои таҷзия бо килотаи сирко чунин параметрҳо ёфта шудаанд: ҳарорати сӯзонӣ 950-980 ° С, ҳарорати таҷзия - 95 ° С, консентратсияи кислотаи сирко - 15-20% мас, вақти раванд - 45 дақ (Расми 13 (2)).



**Расми 13** - Истихроҷи ҷузъҳои муфид аз концентрати боросиликати сузонида бо ишқор ва кислотаи сирко (1 – NaOH, 2 – CH<sub>3</sub>COOH).

Тавре, ки аз расми 13 дида мешавад, раванди таҷзияи ишқорӣ бо баромади зиёда аз 94%-и ҷузъҳои муфид мегузарад. Кислотаи мазкур ва NaOH реагентҳои хуб барои маъданҳои боросиликатӣ мебошанд.

Натиҷаҳои хлоронидани концентрати данбурити сӯзонидани нишон доданд, ки барои хлоронидан шароитҳои беҳтарин чунинанд: ҳарорати хлоронидан – 800 ° С; давомнокии раванд - 60 дақиқа; миқдори барқароркунанда (ангишт) - 30% (расми 14 (1)).

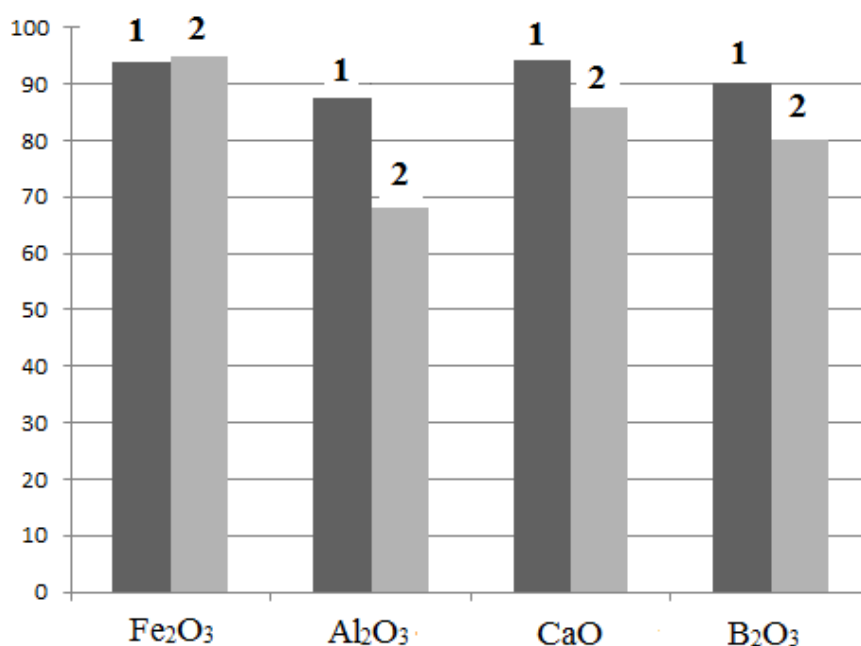
Раванди хлоронидани данбуритро баҳо дода, мушоҳида менамоем, ки маҳсулотҳои асосии хлоронидан BCl<sub>3</sub> ва FeCl<sub>3</sub> ҳастанд. Ин хлоридҳо – муҳимтарин пайвастагиҳо ба бисёр соҳаҳои иқтисодӣ танд. Асосҳои химиявии усули коркарди маъданҳои боросиликатӣ бо хлор нишон медиҳанд, ки онҳо дар ҳарорати баланд мегузаранд ва усули хлорӣ имконияти интиҳобан ҷудо кардани маҳсулотҳои муфидро медиҳад.

Асосҳои коркарди данбурит бо кислотаи сирко (расми 14 (2)) дар он аст, ки дар қадами аввал бойгардонии химиявӣ рух дода, омехтаи балластӣ SiO<sub>2</sub> аз ҷараёни техникаӣ берун мегардад ва аз маҳлул ҷузъҳои муфид B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> гирифта мешаванд.

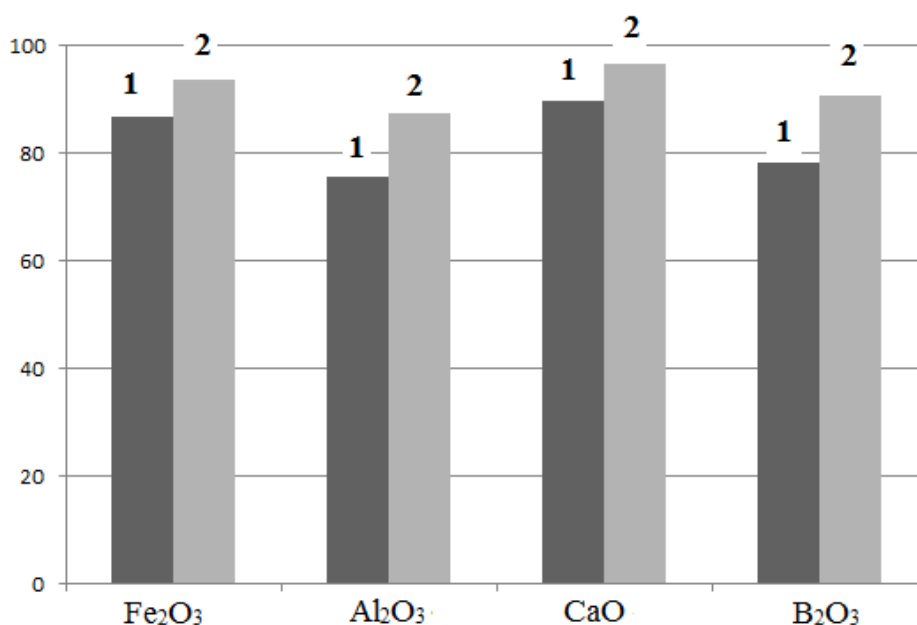
Дар расми 15 диаграммаи раванди истихроҷи ҷузъҳои муфид ҳангоми таҷзияи ашёи боросиликати ибтидоӣ ва концентрати боросиликатӣ бо кислотаи сирко дар шароитҳои беҳтарин оварда шудааст.

Барои таҷзияи маъдани сӯзонидани ибтидоии данбуритӣ чунин шароитҳои беҳтарин қайд шудаанд: ҳарорати таҷзияи кислотагӣ - 90 ° С,

концентратсияи кислотаи сирко - 15-20% мас, вақти раванд - 60 дақ (Расми 15 (1)).



**Расми 14** - Истихроҷи оксидҳо аз концентрати боросиликати сӯзонида: 1 – ҳангоми таҷзия бо кислотаи сирко, 2 – ҳангоми хлоронидан, дар шароитҳои беҳтарин.



**Расми 15** - Истихроҷи оксидҳо аз таркиби: 1 – маъдани боросиликати ибтидоӣ, 2 - концентрати боросиликати дар шароитҳои беҳтарин.

Натиҷаҳои таҷзияи маъдани сӯзонидаи ибтидоӣ ва концентрати сӯзонидаи маъдан нишон доданд, ки дар вақти таҷзияи концентрат истихроҷи пурратари ҷузъҳои рух медиҳад. Бинобар ин бо концентрати пешакӣ сӯзонидаи маъдани данбуритӣ кор кардан тавсия дода мешавад.

## ХУЛОСА

1. Бо усулҳои таҳлили фазавии рентгенӣ, дифференсиалии ҳароратӣ ва химиявӣ таркиби маъданӣ ва химиявии маъданҳои боросиликати мавзеи Ак-Архари Тоҷикистон муқаррар карда шудаанд. Хосиятҳои физикавӣю химиявии ашёи хоми бордори ибтидоӣ ва сӯзонида, инчунин маҳсулотҳои таҷзияи онҳо бо кислотаи сирко омӯхта шудаанд.
2. Шароитҳои беҳтарини таҷзияи маъданҳои боросиликати пешакӣ сӯзонида ва носӯзонида бо кислотаи сирко муайян шудаанд. Параметрҳои хубтарин чунинанд: концентратсияи кислота – 20%, ҳарорат – 90°C, давомнокии раванд – 60 дақ.
3. Шароитҳои беҳтарини раванди таҷзияи концентрати боросиликатӣ бо кислотаи сирко ба даст оварда шудааст: концентратсияи  $\text{CH}_3\text{COOH}$  – 15-20%, давомнокии раванд – 45 дақ дар ҳарорати 95°C, дар ин ҳол дараҷаи ҳаддии истихроҷи маҳсулоти борӣ 91,3%-ро ташкил мекунад.
4. Кинетикаи таҷзияи маъдани сӯзонидаи боросиликатӣ бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Энергияи активатсияи раванд 19 кҶ/мол аст, ки аз гузариши раванд дар минтақаи диффузионӣ гувоҳӣ медиҳад.
5. Кинетикаи таҷзияи концентрати боросиликати сӯзонида бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Қимати энергияи активатсия, ки баробари 18,6 кҶ/мол аст, шаҳодати гузариши раванд дар минтақаи диффузионӣ мебошад.
6. Нақшаи асосии технологияи ҳосил кардани маҳсулоти бордор аз маъдани боросиликатӣ сохта шудааст, ки аз чунин зинаҳо иборат аст: пухтан дар 950°C, майдакунии маъдан, таъсир бо кислотаи сирко, филтронидани пулпа, кристаллизатсияи маҳсулот, чудокунӣ ва хушккунӣ.

## РҶҶҲАТИ НАШРИЁТ ОИД БА МАВЗҶӢИ РИСОЛА

*Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои аз тарафи КОА назди Президенти  
Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳриршаванда нашр шудаанд*

1. Курбонов, А.С. Оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата минеральными кислотами и уксусной кислотой / А.С. Курбонов, **З.Т. Якубов**, Ф.А. Назаров, Т.П. Рачаби, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2014. - №2(159). -С.43-46.
2. Курбонов, А.С. Кинетика уксуснокислотного разложения обожжённого данбуритового концентрата / А.С. Курбонов, А.М. Баротов, **З.Т. Якубов**, Ф.А. Назаров, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. -2014. -№4(157). -С. 829-833.
3. Мирсаидов, У.М. Извлечение борного ангидрида из боросиликатных руд / У.М. Мирсаидов, А.С. Курбонов, Ж.А. Мисратов, **З.Т. Якубов** // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). -С.21-24.
4. Мирсаидов, У.М. Извлечение полезных компонентов из боросиликатного сырья с различным содержанием бора кислотными методами / У.М. Мирсаидов, А.С. Курбонов, **З.Т. Якубов**, А. Курбонбеков, Э.Д. Маматов, Ш.Б. Назаров // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. -№2(159). -С.25-28.
5. Курбонов, А.С. Сравнительная оценка процесса разложения обожженного боросиликатного концентрата уксусной кислотой и щёлочью / А.С. Курбонов, Д.Н. Худоёров, **З.Т. Якубов**, А.М. Баротов, У.М. Мирсаидов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2015. - №2(159). -С.29-32.
6. Курбонов, А.С. Сравнительная оценка хлорного и уксуснокислотного разложения данбуритового концентрата / А.С. Курбонов, П.М. Ятимов, **З.Т. Якубов**, Э.Д. Маматов, А.М. Баротов // Известия АН Республики Таджикистан. – 2016. -№2(163). -С.76-80.
7. Усмонова, У.Х. Кинетика соляно- и сернокислотного разложения обожжённой боросиликатной руды месторождения Ак-Архар / У.Х. Усмонова, Э.Д. Маматов, **З.Т. Якубов**, У.М. Мирсаидов // ДАН РТ. – 2016. -Т.59. -№3-4. -С.138-141.

*Наширёт дар маводҳои конфронсҳо ва патентҳо барои ихтироот*

8. **Якубов, З.Т.** Азотно- и уксуснокислотное разложение боросиликатных руд Таджикистана / **З.Т. Якубов**, А.С. Курбонов, У.М. Мирсаидов // Материалы республиканской научно-практической конференции: XII Нумановские чтения «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан». – Душанбе, 2015. - С.49-51.
9. Курбонов, А.С. Разложение борного концентрата месторождения Ак-Архара Таджикистана минеральными кислотами / А.С. Курбонов,



- Ф.А. Назаров, **З.Т. Якубов**, Э.Д. Маматов, У.М. Мирсаидов / Там же. - С.51-53.
10. Курбонов, А.С, Уксуснокислотное разложение боросиликатного концентрата / А.С. Курбонов, **З.Т. Якубов**, Д.Дж. Джураев, У.М. Мирсаидов // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан». – Душанбе, 2016. -С.128-130.
  11. Курбонов, А.С. Хлорное и кислотное разложение боросиликатных руд Таджикистана / А.С. Курбонов, **З.Т. Якубов**, Ф.А. Назаров, П.М. Ятимов, У.М. Мирсаидов // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования». – Душанбе, 2016. -С.23-25.
  12. Патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон ТҶ 749. «Способ получения трёххлористого бора из данбурита» / У.М. Мирсаидов, **З.Т. Якубов**, А.М. Баротов, М.З. Ахмедов, П.М. Ятимов. Ариза №1500912 аз 23.01.2015.

## ШАРҲИ МУХТАСАР

ба диссертатсияи Якубов Зарифчон Толибҷонович «Асосҳои физикавию химиявии таҷзияи маъданҳои боросиликати бо кислотаи сирко», барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои химия аз рӯи ихтисоси 05.17.01 - технологияи моддаҳои ғайриорганикӣ

*Мақсади кор* дар таҳияи асосҳои физикавию химиявии технологияи ба даст овардани пайвастагиҳои борӣ аз конҳои маъданҳои боросиликати Тоҷикистон бо усулҳои кислотагӣ асос ёфтааст.

Ба сифати объекти таҳқиқот маъдани ибтидоии боросиликати мавзеи Ак-Архари Тоҷикистон ва концентрати он истифода шуданд.

Бо усулҳои таҳлили фазавии рентгенӣ, дифференсиалии ҳароратӣ ва химиявӣ таркиби маъданӣ ва химиявии маъданҳои боросиликати мавзеи Ак-Архари Тоҷикистон муқаррар карда шудаанд. Маълум гардидааст, ки минералҳои асосии кон данбурит, датолит, гранат, калсит ва пироксенҳо ба ҳисоб мераванд. Ҳиссаи массаи оксиди бор дар маъдани ибтидоӣ 10,4% ва дар концентрат 17,1%-ро ташкил мекунад.

Таҷзияи маъдани ибтидоӣ ва концентрат бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Дар ин ҳол дараҷаи ҷудошавии  $B_2O_3$  камтар аз 20%-ро ташкил мекунад. Бинобар ин, маъданро пешакӣ дар  $900-1050^{\circ}C$  давоми 50-60 дақ ба пухтан дучор мекунем. Дар ин маврид дараҷаи ҷудошавии ҷузъҳо хеле афзуда, барои маъдани ибтидоии сӯзонида 78,2%-ро дар чунин шароитҳо: концентратсияи кислота – 20%, ҳарорат –  $90^{\circ}C$ , давомнокии раванд – 60 дақ, андозаи кислота 140-150% аз миқдори стехиометрӣ, ташкил медиҳад. Барои концентрати сӯзонида дараҷаи ҷудошавии оксиди бор 90,3% аст. Шароитҳои беҳтарини раванд чунинанд: концентратсияи кислота – 20%, ҳарорат –  $95^{\circ}C$ , давомнокии раванд – 45 дақ, андозаи кислота 140-150% аз миқдори стехиометрӣ.

Кинетикаи таҷзияи маъдани сӯзонидаи боросиликати бо кислотаи сирко омӯхта шудааст. Қайд карда шудааст, ки суръати реаксияи таҷзия ба муодилаи кинетикӣ тартиби якум ҷавобгӯ аст. Қиматҳои ҳисобкардашудаи энергияи активатсияи раванд барои маъдани ибтидоӣ ва концентрат мувофиқан 19 кҶ/мол ва 18,6 кҶ/молро ташкил доданд, ки аз гузариши раванд дар минтакаи диффузионӣ гувоҳӣ медиҳанд.

Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда нақшаи асосии технологияи ҳосил кардани маҳсулоти бордор аз маъдани боросиликати мавзеи Ак-Архар сохта шудааст, ки аз чунин зинаҳо иборат аст: пухтан дар  $950^{\circ}C$ , майдакунии маъдан, таъсир бо кислотаи сирко, филтронидани пулпа, кристаллизатсияи маҳсулот, ҷудокунӣ ва хушккунӣ.

Рисола аз муқаддима, 4 боб, анҷом ва хулосаҳо иборат аст. Дар 105 саҳифаҳои ҷопи компютерӣ ифода гардида, 27 тасвир ва 14 ҷадвалро дар бар мегирад. Рӯйхати адабиёт 125 номгӯро ташкил медиҳад.

Натиҷаҳои рисола дар 12 нашриёти илмӣ, ки аз онҳо 8-то мақолаҳои дар маҷаллаҳои аз тарафи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тақризшаванда ва 4-то маводи конфронсҳои илмӣ-амалии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ мебошанд. 1 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон барои ихтироъ ба даст оварда шудааст.

*Калимаҳои калидӣ:* маъдани боросиликати, концентрат, данбурит, кислотаи сирко, таҷзия, энергияи активатсия, таҳлили дифференсиалии ҳароратӣ ва фазавии рентгенӣ.

## РЕЗЮМЕ

к диссертации Якубова Зарифджона Толибджоновича «Физико-химические основы уксуснокислотного разложения боросиликатных руд», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.01 - технология неорганических веществ

*Цель работы* заключается в разработке физико-химических основ технологии получения соединений бора из борсодержащих руд месторождений Таджикистана кислотными способами.

В качестве объекта исследования использовались исходная боросиликатная руда Ак-Архарского месторождения Таджикистана и её концентрат.

Методами рентгенофазового, дифференциально-термического и химического анализа установлены минералогический и химический составы боросиликатных руд Ак-Архарского месторождения Таджикистана. Выявлено, что основными рудообразующими минералами руды являются данбурит, датолит, гранат, кальцит и пироксены. Массовая доля оксида бора в исходной руде составляет 10,4%, а в концентрате эта величина равна 17,1%.

Изучено уксуснокислотное разложение исходной руды и концентрата. При этом степень извлечения  $B_2O_3$  составляет не более 20%. Поэтому руду подвергали предварительному обжигу при 900-1050°C в течение 50-60 мин. При этом степень извлечения компонентов значительно возрастает и составляет для исходной обожжённой боросиликатной руды 78,2%, при следующих оптимальных условиях: концентрация кислоты – 20%, температура – 90°C, продолжительность процесса – 60 мин, количество кислоты 140-150% от стехиометрического, для обожжённого концентрата 91,3%, при следующих оптимальных условиях: концентрация кислоты – 20%, температура – 95°C, продолжительность процесса – 45 мин, количество кислоты 140-150% от стехиометрического.

Изучена кинетика уксуснокислотного разложения обожжённой боросиликатной руды. Установлено, что скорость реакции разложения соответствует кинетическому уравнению первого порядка. Вычисленные значения энергии активации процесса составили для исходной руды и концентрата соответственно 19 кДж/моль и 18,6 кДж/моль, что свидетельствуют о протекании процесса в диффузионной области.

На основе проведенных исследований разработана принципиальная технологическая схема получения борного продукта из боросиликатной руды месторождения Ак-Архар уксуснокислотным способом, которая состоит из следующих этапов: обжиг при 950°C, измельчение руды, выщелачивание уксусной кислотной, фильтрация пульпы, кристаллизация продукта, разделение и сушка.

Диссертация состоит из введения, четырёх основных глав, обсуждения результатов и заключения, выводов и списка цитированной литературы из 125 наименований, изложена на 105 страницах компьютерного набора, включает 14 таблиц и 27 рисунков.

Результаты диссертационной работы отражены в 12 научных публикациях, из которых 8 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, а также в материалах 4 международных и республиканских конференций. Получен 1 патент Республики Таджикистан.

*Ключевые слова:* боросиликатная руда, концентрат, данбурит, уксусная кислота, выщелачивание, энергия активации, дифференциально-термический и рентгенофазовый анализ.

## SUMMARY

**on Yakubov Zarifjon's dissertation "Physico-chemical foundations of acetic acid decomposition of borosilicate ore", which represented for getting scientific degree of candidate of chemical sciences on specialty 05.17.01 - technology of inorganic substances**

*The work purpose* consists in working out the physico-chemical basis for the production of boron compounds from boron-bearing ores of Tajikistan's deposits by acid methods.

As object of research were used the initial borosilicate ore of the Ak-Arkhar field of Tajikistan and its concentrate.

X-ray diffraction, differential thermal and chemical analyzes were used to determine the mineralogical and chemical composition of borosilicate ores of the Ak-Arkhar field of Tajikistan. It was revealed that the main ore-forming minerals of the ore are danburite, datolite, garnet, calcite and pyroxenes. The mass fraction of boron oxide in the initial ore is 10.4%, and in the concentrate it is 17.1%.

The acetic acid decomposition of the initial ore and concentrate was studied. At the same time, the extraction ratio of  $B_2O_3$  is not more than 20%. Therefore, the ore was subjected to preliminary calcination at 900-1050 ° C for 50-60 min. At the same time, the extraction of components is significantly increased and amounts to 78.2% for the initial calcined borosilicate ore, 90.3% for the calcined concentrate at the following optimum conditions: acid concentration - 20%, temperature – 90-95 ° C, process time – 45-60 min, quantity acids 140-150% of the stoichiometric.

The kinetics of acetic acid decomposition of calcined borosilicate ore has been studied. It is established that the rate of the decomposition reaction corresponds to a first-order kinetic equation. The calculated activation energies of the process were 19 kJ / mol and 18.6 kJ / mol, respectively, for the initial ore and concentrate, which indicates the process in the diffusion region.

Based on the conducted studies, a basic technological scheme for obtaining boron product from borosilicate ore of the Ak-Arkhar deposit was developed in acetic acid method, which consists of the following stages: calcination at 950 ° C, ore crushing, acetic acid leaching, pulp filtration, product crystallization, separation and drying.

The dissertation consists of introduction, the review of the literature, four heads and conclusions. Work is stated on 105 pages of a computer set, includes 27 drawings and 14 tables. The literature list includes 125 names.

The results of the dissertation are reflected in 12 scientific publications, of which 8 articles are in peer-reviewed journals recommended by the Higher Attestation Commission, as well as in the materials of 4 international and republican conferences. 1 patent of the Republic of Tajikistan has been received.

*Key words:* borosilicate ore, concentrate, danburite, acetic acid, leaching, activation energy, differential thermal and X-ray phase

Иҷозат барои нашр 26.10.2017с. Барои нашр ба имзо  
Расидааст 01.11.2017с. Қоғази офсетӣ. Формат 60x84 1/16.  
Гарнитураи адабӣ. Нашри офсетӣ. Ҷузъи чопӣ 1,81.  
Теъдод 100 дона. Фармоишии №67

---

ҶСК “Чопхонаи Дониш”: 734063,  
ш.Душанбе, кӯч. Айни 299/4