ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ОМӮЗГОРИИ ТОҶИКИСТОН
БА НОМИ САДРИДДИН АЙНӢ

Бо ҳуқуқи дастнавис



ВБД: 546.32+546.46+546.266
ТКБ: 24.1+24.121+24.122
С - 33

УМАРАЛИИ САФАРАЛӢ

ҲАЛШАВАНДАГӢ ВА МУВОЗИНАТҲОИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ ОБӢ - НАМАКИИ СУЛФАТҲО, КАРБОНАТҲОИ КАЛИЙ, МАГНИЙ, КАЛСИЙ ДАР ҲАРОРАТҲОИ 0 ВА 25°С

Диссертатсия
барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои химия
аз рӯйи ихтисоси 1.4.2. Химияи ғайриорганикӣ

Роҳбари илмӣ:
номзади илмҳои химия,
дотсент Усмонов М.Б.

Душанбе – 2026

МУНДАРИҶА

	Аломатҳои шартӣ ва ихтисорҳо…….	4
	Муқаддима ……..	5
БОБИ 1.	**УСУЛҲОИ ОМӮЗИШИ СИСТЕМАҲОИ БИСЁРКОМПОНЕНТА, ҲОЛАТИ ТАҲҚИҚИ СИСТЕМАИ K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ВА ҚИСМҲОИ ТАРКИБИИ ОН (Шарҳи адабиёт)**	
	Усулҳои омӯзиши системаҳои бисёркомпонента…….	12
1.2.	Ҳолати тадқиқи системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3- H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC……...	21
1.3.	Ҳолати тадқиқи системаҳои чоркомпонентаи системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O – ро ташкилкунанда…….....	23
БОБИ 2.	**ФАЗАҲОСИЛШАВӢ ВА ҲАЛШАВАНДАГӢ ДАР ИФОДАҲОИ ГЕОМЕТРИИ СИСТЕМАИ БИСЁРКОМПОНЕНТАИ K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O БАРОИ 0 ^oC БО УСУЛИ ТРАНСЛЯТСИЯ……**	33
2.1.	Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O.....	34
2.2.	Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O.....	38
2.3.	Системаи чоркомпонентаи K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O.....	41
2.4.	Системаи чоркомпонентаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O.....	45
2.5.	Системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O.....	49
2.6.	Системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O.....	53
2.7.	Қисми таҷрибавӣ: Ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 0 ^oC.....	60
2.8.	Қисми таҷрибавӣ: Ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 ^oC.....	69
БОБИ 3.	**ФАЗАҲОСИЛШАВӢ ВА ҲАЛШАВАНДАГӢ ДАР ИФОДАҲОИ ГЕОМЕТРИИ СИСТЕМАИ БИСЁРКОМПОНЕНТАИ K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O**	

БАРОИ 25°С БО УСУЛИ ТРАНСЛЯТСИЯ …… 77

3.1. Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O..... 77

3.2. Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O..... 82

3.3. Системаи чоркомпонентаи K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O..... 87

3.4. Системаи чоркомпонентаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O..... 91

3.5. Системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O..... 95

3.6. Системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O..... 100

3.7. Қисми тачрибавӣ: Ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 °C..... 108

3.8. Қисми тачрибавӣ: Ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C..... 112

Хулосаҳои умумӣ 122

Тавсияҳо оиди натиҷаи диссертатсия 123

Адабиёти истифодашуда..... 125

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТ АЗ РӮЙИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ …….. 140

АЛОМАТҲОИ ШАРТӢ ВА ИХТИСОРАҲО

1. Ар-арканит (K_2SO_4);
2. Гп-гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$);
3. К·Са ($K_2CO_3 \cdot CaCO_3$);
4. К·1,5 ($K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O$);
5. К·2 ($K_2CO_3 \cdot 2H_2O$);
6. М·12 ($MgSO_4 \cdot 12H_2O$);
7. М·3 (Маг) магнезит ($MgCO_3 \cdot 3H_2O$);
8. Mg·Ca (Дол) доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$);
9. Пг-полигалит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$);
10. Сн-сингенит ($K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$);
11. Сс (кал) калсит ($CaCO_3$);
12. Ше-шенит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$);
13. Эпс-эпсомит ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$).

МУҚАДДИМА

Мубраммии мавзуи таҳқиқот. Яке аз роҳҳои муҳими ҳалли масъалаи коркарди маводи табиӣ ва моддаҳои техногенӣ ин омӯзиши таркиби бисёркомпонентии мураккаби маъданҳо тавассути маҳлулҳои обию намакӣ мебошад, ки дорои аҳамияти назариявӣ, амалӣ ва экологӣ мебошанд. Танҳо дар шароити оптималии коркарди ашёи хоми полиминералии мураккаб дар муҳити системаҳои обию намакӣ мумкин аст натиҷаҳои наву боэътимоди илмиро ба даст овард.

Омӯзиши қонуниятҳои ҷараёни мувозинатии фазаҳо дар системаҳои бисёркомпонента дар шароити муайян бо истифода аз усули транслятсия ба кам шудани хароҷоти энергия ва вақт оварда мерасонад, инчунин имкони баркарорсозӣ ва ба роҳ мондани усулҳои васеъи ба таври ратсионалӣ истифодабарии захираҳои табииро фароҳам месозад.

Системаҳои бисёркомпонентае, ки мавриди омӯзиш қарор доранд, объектҳои табиие мебошанд, мисли ҷинсҳои кӯҳӣ, ашёи хоми минералии маъданию ғайримаъданӣ, инчунин аз моддаҳои пайдоиши техногенӣ дошта, иборат мебошанд. Чунин объектҳои табиӣ на танҳо асоси тадқиқоти соҳаи химия, балки соҳаҳои петрология, минералогия, геология ва илмҳои хокшиносӣ низ мебошанд.

Тадқиқоти диссертатсионӣ дорои на танҳо аҳамияти назариявию илмӣ, балки арзиши муҳими амалӣ низ мебошад. Натиҷаҳои бадастомада ҳамчун маводи ахборотӣ ва барои коркарди партовҳои саноатӣ, аз ҷумла партовҳои истеҳсоли алюминий, ки таркибашон дорои намакҳои мазкур аст истифода бурда мешаванд.

Дараҷаи таҳқиқи мавзуи илмӣ. Поягузори назарияи мувозинатҳои фазагӣ дар системаҳои химиявӣ Д.В. Гиббс буда, аввалин шуда шароитҳои мувозинати химиявӣ ва қоидаи фазаҳоро пешниҳод намудааст. Дар такмили назарияи асосҳои таҳлили физико-химиявӣ махсусан саҳми асосгузори ин фан Н.С. Курнаков хеле калон мебошад Аз тарафи Н.С. Курнаков якумин маротиба вазифаҳои асосии таҳлили физико-химиявӣ

ҳамчун илм муайян карда шудааст. Ӯ бори аввал вазифаҳои асосии таҳлили физико-химиявиро, ки ба омӯзиши алоқамандии байни таркиб ва хосиятҳои ченшавандаи системаҳои химиявӣ равона гардида, имконияти сохтани диаграммаҳои ҳолатии онҳоро фароҳам меорад, муайян намудааст. Назария ва усулҳои таҳқиқи системаҳои химиявӣ, аз он ҷумла системаҳои химиявии бисёркомпонента аз тарафи як қатор олимони дигар ба монанди В.Я. Аносов [2], Я.Г. Горощенко [4], Ф.М. Перельман [23], В.А. Жариков [26], В.И. Посыпайко [18], А.С. Трунин [19], Л. Солиев [15], М.Т. Жумаев [51], И.М. Низомов [48] ва дигарон такмил дода шудааст. Дар баробари ин назария ва усулҳои таҳқиқи системаҳои химиявӣ, махсусан системаҳои химиявии бисёркомпонентаи обӣ- намакӣ, ба такмил додан ниёз доранд, чунки то ҳоло на ҳаммаи паҳлӯҳои ин мушкилоти муҳим ҳалли худро ёфтаанд. Мушкилиҳои асосӣ дар омӯзиши системаҳои химиявии бисёркомпонента, пеш аз ҳама ба он алоқаманд аст, ки то ҳоло усулҳои мавҷуда имконият намедиҳанд, ки системаҳои омӯхташавандаи бисёркомпонента ба таври оддӣ бо ёрии фигураҳои геометрии мавҷудаи сеченака инъикос карда шаванд, иҷрои корҳои таҷрибавӣ, вақт ва маводи химиявии зиёдро талаб мекунанд, зеро муайянсозии фазаҳои сахти дар мувозинатбуда душвориҳо доранд.

Таҳлили адабиётҳои мавҷуда нишон дод, ки системаи панҷкомпонентаи иборат аз сулфатҳо ва карбонатҳои калий, магний ва калсий барои ҳароратҳои 0 ва 25 ^{o}C омӯхта нашудаанд, бинобар ин мувозинатҳои фазагӣ ва ҳалшавандагии он пурра тавсиф нагардидааст.

Робитаи тадқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзуҳои илмӣ. Мазмуни диссертатсия бо назардошти талаботи санадҳои меъёрию ҳуқуқӣ, “Стратегияи омӯзиш ва рушди фанҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар соҳаи маориф ва илм дар давраи то соли 2030”, (қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 30 апрели соли 2021, №165), барномаи «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» барои солҳои 2020- 2040, вобаста ба иҷрои нақшаи мавзӯи илмӣ тадқиқотии фармоишии “Омӯзиши физико – химиявии системаи аз

сулфатҳо, фторидҳои натрий, магний, калсий ва алюминий бо об ташкилёфта дар самти беҳдошти экологӣ” рақами қайди давлатиаш (РБ № 0125TJ700) ба иҷро расонида шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот. Муайян намудани қонуниятҳои ҳалшавандагӣ ва тағйироти фазагӣ дар системаҳои бисёркомпонентаи обию намакӣ, ки пайвастагиҳои сулфатӣ ва карбонатии калий, магний ва калсийро бо муқаррар намудани таркиби фазаҳои мувозинатии системаҳои чоркомпонента дар ҳароратҳои 0 ва 25^{o}C дар бар мегиранд.

Вазифаҳои таҳқиқот. Барои ноил шудан ба ин ҳадаф вазифаҳои зерин ҳал карда шуданд:

- омӯзиши қонуниятҳои мувозинатҳои фазагӣ дар системаи панҷкомпонентаи обию намакӣ, ки сулфатҳо ва карбонатҳои калий, магний ва калсийро дар ҳарорати 0 ва 25^{o}C дар бар мегиранд;

- дар асоси маълумот оид ба зерсистемаҳои фазагии ташкилкунанда, таҳқиқи ҳолатҳои мувозинатӣ дар системаҳои се ва чоркомпонента ва сохтани диаграммаҳои фазагӣ барои ҳароратҳои 0 ва 25 ^{o}C;

- сохтани диаграммаҳои схематикии мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3 – H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25^{o}C дар асоси қонуниятҳои гузариш аз системаҳои камкомпонента ба сатҳҳои системаҳои бисёркомпонента;

- муайян намудани ҷойгиршавии мутақобила ва ҳудудҳои майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои сахти дар мувозинатбуда ва фрагментатсия кардани ин система;

- бо роҳи таҷрибавӣ таҳқиқи ҳалшавандагии системаҳои чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O ва K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^{o}C, муайян намудани таркиби фазаҳои моеъ ва сахти мувозинатӣ ва дар ин асос сохтани диаграммҳои ҳалшавандагии ин системаҳо.

Объекти таҳқиқот. Системаи панҷкомпонентаи иборат аз сулфатҳо ва карбонатҳои калий, магний ва калсий, зерсистемаҳои чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O; K,Mg,Ca//CO_3-H_2O; K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O;

Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O; K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва системаҳои секомпонентаи ин системаҳои чоркомпонентаро ташкилдиҳанда мебошад.

Мавзӯи таҳқиқот. Ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи обӣ- намакии сулфатҳо, карбонатҳои калий, магний, калсий дар ҳароратҳои 0 ва 25^oC.

Навгонии илмии таҳқиқот дар он асос меёбад, ки:

- таҳлили маълумоти гузаронидшуда, дараҷаи омӯзиши системаҳои обӣ - намакии K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O арзёби гардид ва таркиби зерсистемаҳои онҳо муайян карда шуд;

- дар асоси маълумот оид ба мувозинатҳои фазагии зерсистемаҳо ва элементҳои сатҳҳои гуногун бори аввал диаграммаҳои фазавии системаи K, Mg,Ca//SO_4,CO_3 – H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25^oC сохта шуданд, ки муносибати байни фазаҳои сахти мувозинатиро инъикос мекунанд;

- бори аввал дар ҳароратҳои 0 ва 25^oC хусусиятҳои сохтори комплекси фазавии системаи панҷкомпонента муайян карда шуда, тағироти он бо баландшудани ҳарорат муайян гардид;

- мавқеи майдонҳои дивариантии фазаҳои сахти кристаллӣ муайян карда шуданд ва дар асоси онҳо фрагментатсияи диаграммаҳои фазавӣ дар ҳароратҳои таҳқиқотӣ анҷом дода шуд;

- дар натиҷаи таҳқиқоти таҷрибавӣ маълумоти нав оид ба ҳалшавии системаҳои чоркомпонентаи K, Mg,Ca//SO_4 – H_2O ва K, Mg,Ca// CO_3 – H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25^oC ба даст оварда шуд. Хусусиятҳои мувозинатҳои фазави онҳо муайян гардида, диаграммаҳои дахлдори ҳалшавандагӣ сохта шуданд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

- дар асоси таҳлили маълумотҳои адабиётӣ ва таҷрибавӣ, ки имконияти омӯзиши мувозинатҳои фазагии системаҳои сулфатҳо ва карбонатҳои калий, магний, калсийро фароҳам меоварад, таркиби зерсистемаҳои онҳо барои ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC муайян карда шудааст;

- бо истифода аз усули транслятсия диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаҳои чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O; K,Mg,Ca//CO_3-H_2O;

K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O; Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O; K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳароратҳои таҳқиқшаванда сохта шуда, инчунин хусусиятҳои ташаккули майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои сахт муайян гардидаанд;

- системаҳои чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O ва K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC ба таври таҷрибавӣ таҳқиқ гардида, таркиби фазаҳои сахти мувозинатӣ ва мавқеи нуқтаҳои нонвариантии онҳо муайян карда шуд ва дар асоси натиҷаҳои бадастомада диаграммаи ҳалшавандагии ин ду система барои ҳароратҳои додашуда сохта шуданд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмӣ амалии таҳқиқот. Дар он аст, ки:

- маълумоти бадастомада оид ба мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O бо усули транслятсия метавонад ҳамчун маводи илмӣ-маълумотӣ барои таҳқиқ ва таҳлили минбаъдаи системаҳои бисёркомпонентаи обию намакӣ истифода гардад;

- қонуниятҳои муайяншудаи мувозинатҳои фазагӣ ва фазаҳосилшавӣ метавонанд ҳамчун заминаи илмӣ барои интихоб ва асоснок намудани шароити мусоиди технологии коркарди ашёи хоми полиминералии табиӣ ва техногенӣ, аз ҷумла партовҳои саноатии дорои сулфатҳо ва карбонатҳои калий, магний ва калсий, хизмат намоянд.

Дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо. Эътимоднокии натиҷаҳои бадастомада тавассути коркард ва таҳлили онҳо бо усуҳои муосири физико-химиявӣ, апробатсияи онҳо дар конференсияҳои ҷумҳуриявию байналхалкӣ, симпозиум ва нашри мақолаҳо дар маҷаллаҳои тақризшавандаи КОА асоснок менамоянд.

Мутобиқати диссертатсия бо шиносномаи ихтисоси илмӣ. Натиҷаҳои тадқиқоти илмии бадастомада ба бандҳои зерини шиносномаи 1.4. – Химия (1.4.2. -Химияи ғайриорганикӣ) мувофиқ мебошад:

Банди 1. Муайянкунии характери боҳамалоқамандӣ байни таркиб, сохт ва хосияти пайвастаҳои ғайриорганикӣ.

Банди 4. Омӯзиши табдилоти химиявӣ ва структуравӣ – фазавии пайвастаҳои ғайриорганикӣ.

Саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ. Саҳми шахсии муаллиф аз таҳлили маълумоти адабиёт, банақшагирӣ ва гузаронидани таҳқиқоти назариявӣ ва таҷрибавӣ, коркард, ҷамъбаст ва таҳлили натиҷаҳои бадастомада, таҳияи хулосаҳо, таҳия ва нашри мақолаҳои илмӣ иборат аст.

Тасвиб ва амалисозӣ: Тасвиби кори диссертатсионӣ дар конференсияҳои байналхалқӣ ва ҷумҳуриявии зерин баррасӣ шудааст: конференсияҳои илмӣ-назариявии ҳарсолаи устодону профессорони Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ (Душанбе, 2014-2025); конференсияи илмии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи “Экология ва масъалаҳои таълиму тарбия” (Душанбе, 2014); конференсияи байналхалқии “Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий” (Душанбе- Москва- Томбов, 2014); Международных научно – практичекой конференции «Пути и направления рационального использования водных ресурсов Таджикистана» (Душанбе, 2017); “Байкалский материаловедческий форум” (Улан- Уде, 2018); Материалы IV Международной научно-практической конференции «Global science and innovations 2019: central Asia» (Астана, 2019); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Таҳқиқи таълими тафриқа» (Душанбе, 2019); Материалы V Международной научно – практической конференции «Нур-султан, Казахстан 2019»; Конференсияи Ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи «Заминаҳои рушд ва дурнамои илми химия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» (Душанбе, 2020); Конференсияи байналмилалии илмию амалӣ дар мавзӯи «Проблемаҳои муосири саноати металлургӣ», (Душанбе, 2021); Конференсияи илмӣ- методии байналмилалӣ дар мавзӯи «Нақши илмҳои таббиӣ, риёзӣ ва методикаи таълими онҳо дар раванди саноатикунонии бо суръати кишвар» (Душанбе, 2022); Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ – амалӣ дар мавзӯи “Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико – химиявӣ”, бахшида ба эълон гардидани ҳадафи чоруми стратегӣ – саноатикунонии кишвар, ва гиромидошти хотираи арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон профессор, Л. Солиев (Душанбе, 2023); Международной научно-практической конференции по теме “Актуальные проблемы

химической науки и промышленности” (Фаргона, 2023); 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Белорусского государственного технологического университета. (Белорусия, 2024), Международная конференция «Химическая наука и образование, проблемы и перспективы развития» Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова (г. Махачкала, 2024), Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико–химиявӣ», бахшида ба эълон гардидани ҳадафи чоруми стратегӣ–саноатиунонии кишвар, солҳои 2022–2026 “Солҳои рушди саноат” ва гиромидошти хотири арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон доктори илмҳои химия профессор Лутфулло Солиев (Душанбе 2025); Маҷмӯи маводи конференсияи байналмилалии илмию амалӣ дар мавзуи «Пайвастаҳои комплексӣ ва ҷанбаҳои истифодабарии онҳо» (Душанбе 2025) муҳокима шудаанд.

Интишорот аз рӯи мавзуи диссертатсия. Дар асоси материалҳои кори диссертатсионӣ 10 мақола, (дар маҷаллаҳои тақризшавандаи КОА назди Президенти ҶТ) ва 16 фишурдаи мақола аз чоп баромадааст.

Сохтор ва ҳаҷми кори диссертатсия. Диссертатсия дастнависест, ки дар 143-саҳифаи компютерӣ пешниҳод шуда, аз муқаддима, 3 боб ва хулоса иборат буда, 39 расм, 39 ҷадвал, рӯйхати адабиёти истифодашуда бо дарназардошти 125 адад дарбар мегирад.

БОБИ 1. УСУЛҲОИ ОМӮЗИШИ СИСТЕМАҲОИ БИСЁРКОМПОНЕНТА, ҲОЛАТИ ТАДҚИҚИ СИСТЕМАИ K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ВА ҚИСМҲОИ ТАРКИБИИ ОН

(Шарҳи адабиёт)

1.1. Усулҳои омӯзиши системаҳои бисёркомпонента

“Қонунмандии мувозинатҳои фазавӣ дар системаҳои химиявӣ ҳамчун асоси назариявии муҳим барои фаҳмиши равандҳои технологӣ хизмат менамояд, ки ба коркарди захираҳои табиӣ ва ашёи хоми техникӣ алоқаманданд” [88, с. 229]. Дар байни усулҳои таҳқиқи чунин системаҳо, таҳлили физико-химиявӣ яке аз роҳҳои асосӣ ва самаранок ба ҳисоб меравад. Бо истифода аз ин усул таъсири мутақобилаи компонентҳои таркибии ашёи хоми таҳлилшаванда ҳам дар ҳолати якҷинса ва ҳам дар ҳолати гуногунҷинса муайян карда мешавад. Бо такя ба чунин таҳлил, одатан диаграммаҳои ҳолатӣ (аз ҷумла диаграммаҳои ҳалшавандагӣ ё гудохташавӣ) ва инчунин диаграммаҳои мувозинати фазагӣ, ки ҳамчун комплексҳои фазагӣ маъруфанд, таҳия мегарданд. Тибқи маълумоти манбаъҳои илмии дастрас [1–3], муайян шудааст, ки “тасвири системаҳое, ки аз як то чор компонент иборатанд, бо истифода аз шаклҳои геометрии дорои сатҳи реалӣ имконпазир аст. Аммо бо зиёд гардидани шумораи компонентҳо аз чор боло, сохтани чунин диаграммаҳои ҳолатӣ дар фазои сеченакаи воқедошта дигар имкон надорад” [1, с. 101; 2, 110; с. 3, с. 76].

Дар натиҷаи афзоиш ёфтани қисмҳои таркибии системаҳои химиявӣ (зиёда аз 3) миқдори зерсистемаҳои он низ меафзояд. Масалан, Я. Г. Горошенко [4] дар таҳқиқоти худ ба таври таҷрибавӣ нишон додааст, ки барои омӯзиши ҳамаҷонибаи система шумораи муайяни нуқтаҳои таҷрибавӣ зарур мебошад. “Агар дар як буриши дутарафа тақрибан 10 нуқта пешбинӣ гардад, пас барои системаҳои дукомпонента – 10 нуқта, барои системаҳои секомпонента – 111, барои чоркомпонента – 1113 ва барои панҷкомпонента – то 110000 нуқта лозим меояд. Чунин миқдорҳои калон асосан ба муайян намудани нуқтаҳои нонвариантӣ марбутанд” [85, с.13].

Инчунин дар диаграммаҳои системаҳои химиявӣ хатҳои моновариантӣ, майдонҳои дивариантӣ низ мавҷуданд. “Барои анҷом додани даҳ таҳқиқоти таҷрибавӣ оид ба системаи панҷкомпонента, ки аз 56 зерсистемаи махсуси ду-, се- ва чоркомпонента иборат аст, таҳқиқи тақрибан 100 ҳазор омехта зарур мегардад, ки иҷрои чунин ҳаҷми кор амалан ғайриимкон аст” [85, с.13 – 14].

“Маврид ба зикр аст, ки бо зиёд шудани шумораи компонентҳо дар системаҳои химиявӣ, шумораи тасвирҳои геометрии тавсифкунанда, аз қабили нуқтаҳои нонвариантӣ, хатҳои моновариантӣ, майдонҳои дивариантӣ ва ғайраҳо низ афзоиш меёбад” [5, с. 1677; 6, с. 121]. “Дар натиҷаи зиёд будани чунин тасвирҳои геометрӣ, фарқи таркиби фазаи моеъи мувозинатии онҳо хеле хурд мегардад, ки ин раванд муайянкунии таҷрибавии онҳоро душвор месозад. Аз ин рӯ, бо зиёд шудани шумораи компонентҳо мураккабии сохтори диаграммаҳои система низ меафзояд ва тасвири пурраи онҳо дар як расм ё диаграмма амалан ғайриимкон мегардад” [41, с. 4].

Тибқи маълумоти адабиёт [5, 7], “дар методологияи таҳлили физико-химиявии системаҳои бисёркомпонента як қатор самтҳои муҳим вуҷуд доранд. Яке аз усулҳои асосии омӯзиши чунин системаҳо истифодаи шаклҳои геометрӣ барои тасвири ҳолатҳои мувозинат мебошад. Бо вуҷуди ин, ин усул дорои маҳдудиятҳост, ки бо зиёд шудани шумораи компонентҳо, андоза ва шумораи шаклҳои геометрӣ низ афзоиш меёбанд, ки ин ҳолат имкони тасвири дақиқи системаҳои панҷкомпонента ва аз он бештарро амалан номумкин мегардонад” [5, с. 1676; 7, с. 46].

Афзуншавии шаклҳои геометрӣ дар системаҳои химиявӣ боиси кам гардидани фарқи консентратсияи маҳлули сер мегардад ва ҷиҳати муайян намудани таркиб ва сохтори он мушкилӣ пеш меояд. Бо зиёд шудани шумораи шаклҳои геометрӣ дар системаҳои химиявӣ фарқияти консентратсияи маҳлулҳои то дараҷаи сершавӣ кам мегардад, ки ин ҳолат муайян кардани таркиб ва сохтори онҳоро душвортар месозад. Ҳамзамон, афзоиши теъдоди компонентҳо ба мураккаб гардидани сохтори

диаграммаҳои системаҳои химиявӣ оварда мерасонад ва тасвири онҳоро дар фазои воқеии сеченака амалан номумкин менамояд. Муаллифон [8–17] барои бартарафсозии ин маҳдудиятҳо усули массентрикиро пешниҳод кардаанд, ки он имкон медиҳад таркиби системаҳои бисёркомпонента дар ҳамворӣ ба таври дақиқ тасвир карда шавад.

Омӯзиши системаҳои химиявии бисёркомпонента бо истифода аз усули ситораҳои сингулярӣ бори аввал аз ҷониби академик Н. С. Курнаков пешниҳод гардидааст. Тибқи ин равиш, “тадқиқи чунин системаҳо ба ду зина ҷудо карда мешавад: дар марҳилаи аввал сохтори назариявӣ ва тарҳи умумии диаграммаи система баррасӣ мегардад, дар марҳилаи дуюм бошад, таркиби система муайян шуда, тадқиқоти таҷрибавӣ анҷом дода мешавад. Бо вуҷуди аҳамияти назариявии худ, ин усул имконият намедиҳад, ки диаграммаҳои пурраи мувозинати фазавӣ мустақиман сохта шаванд, зеро он бештар ба муайян намудани таъсири реаксияҳои химиявӣ нигаронда шудааст ва танҳо минтақаҳои эҳтимолии ташаккули фазаҳои кристаллӣ пешбинӣ мегарданд” [7, с.40].

Дар кори В.И. Пасыпайко гуфта шудааст, ки “истифодаи усули конверсионӣ тадқиқоти таҷрибавии системаҳои бисёркомпонентиро содда мегардонад, зеро секунҷаҳои асосӣ ва унсурҳои конверсия дорои андозагирии камтар нисбат ба худи системаҳои бисёркомпонентӣ мебошанд” [18, с. 91].

Муаллифон [19–21] “методологияи омӯзиши системаҳои бисёркомпонентаро пешниҳод намудаанд, ки он ба гузаронидани таҷрибаҳо бо тартиби пайдарпай ва марҳила ба марҳила асос меёбад” [19, с. 38]. Ин равиш имконият медиҳад, ки ҳаҷми маълумоти зарурӣ ҳангоми ҳаллу баррасии масъалаҳои мушаххас коҳиш ёбад ва тадқиқот бо самаранокии бештар анҷом дода шавад. Аз тарафи А.С. Трунин [22, 109] дар асоси дифференсатсияи диаграммаи таркиб ба блоки ягонаи фазагӣ усули таҷрибавии муайян кардани нуқтаи нонвариантӣ пешниҳод гардидааст. Таҳти мафҳуми гуруҳи (блоки) ягонаи фазагӣ чунин қисмҳои таркибии сахтро, ки аз гудохта чун фаза ҷудо мешаванд, дар назар дорад.

Тасвири сохтори диаграммаҳои бисёркомпонента, ҳангоми интиқоли онҳо ба фазои сеченака аз ҷойгиршавӣ ва самти шуоъҳо вобаста мебошад. Бо такя ба ин хусусият, дар корҳои [23, 24] усули проексияи оптималӣ таҳия гардидааст, ки он имкон медиҳад қисматҳои ҷудогонаи системаҳои бисёркомпонента дар шакли проексияҳо ба таври визуалӣ тасвир ва пешгӯи шаванд.

Тадқиқоти илмии маъданшиносон [25-27, 111, с. 2-9] ба баррасии таҳлили физико – химиявии парагенези минералҳо равона гардида, ин самт ҳамчун соҳаи дорои дурнамои хуб арзёбӣ мешавад. Дар раванди корҳои худ онҳо компонентҳоро ба компонентҳои инертӣ ҷудо намуда, тағйирёбии параметрҳои интенсивии онҳоро дар шароити таъсири омилҳои гуногун ва ҳангоми собит будани параметрҳои экстенсивӣ (масса ё консентратсия) ҳамаҷониба мавриди омӯзиш қарор додаанд.

Дар корҳои муаллифон [28–31] ҷиҳати омӯзиши парагенез ва коҳиш додани потенсиали термодинамикӣ дар системаҳои бисёркомпонентаи обию намакӣ, махсусан навъи «баҳрӣ», усули махсуси ҳисобҳои термодинамикӣ пешниҳод шудааст, ки “эътимоднокии натиҷаҳои тавассути ин равиш бадастомада мустақиман ба дақиқӣ ва саҳеҳии қиматҳои ибтидоии параметрҳои термодинамикӣ вобаста мебошад. Аз ин сабаб, татбиқи амалии ин усул, ки талаботи баланд ба дақиқии маълумоти ибтидоиро дорад, на ҳамеша боэътимод мебошад ва дар асоси чунин ҳисобҳо сохтани диаграммаҳои ҳолатӣ амалан имконнопазир аст. Бо ин тартиб, ниёз ба ташаккули равишҳои нави методологии таҳлили физико-химиявӣ, ки қобилияти баррасии масъалаҳои ҳарчи мураккабтарро дошта бошанд, заминаи рушди минбаъдаи назарияи таҳлили физико-химиявиро фароҳам месозад” [28, с. 1605; 29, с. 982; 30, с. 1335; 31, с. 5703]. То даврaҳои наздик, “қонуниятҳои умумии ташаккули диаграммаҳои ҳолат асосан дар асоси ду принсипи бунёдии таҳлили физико-химиявӣ, принсипи пайдарҳамӣ ва принсипи мувофиқат (ҳамгироӣ)” [2, с. 117] шарҳ дода мешуданд. Дар марҳилаи минбаъда, “бар асоси ҷамъбаст ва таҳлили сохтории диаграммаҳои ҳолат, принсипи сеюми таҳлили физико-химиявӣ,

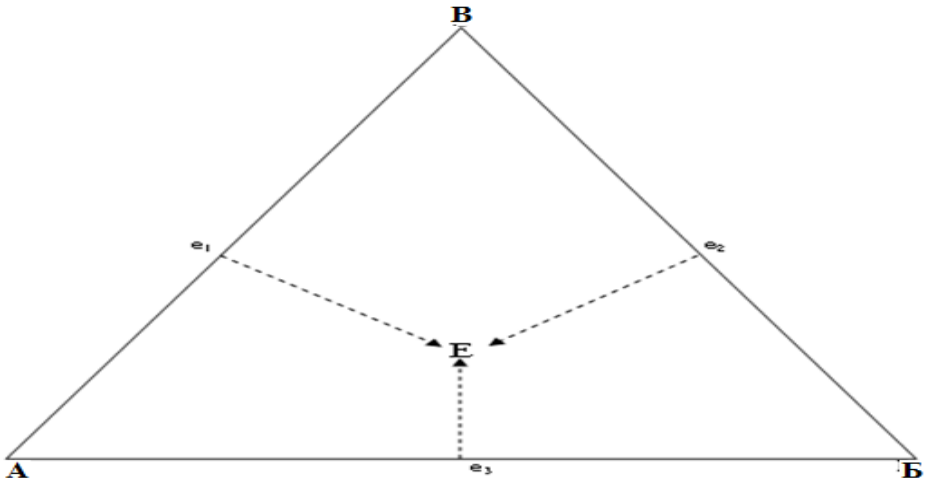
яъне принсипи мувофиқати компонентҳо дар системаҳои химиявӣ – таҳия гардида, ба низом дароварда шуд” [4, с. 16]. Тибқи принсипи мутобиқат ҳангоми сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазагӣ ҳамроҳ шудани шаклҳои геометрии системаҳои n ва n+1 компонента дар як диаграмма ҷой дорад. “Вобаста ба принсипи мутобиқат ва хосиятҳои шаклҳои геометрии системаи n компонента, ки дар ҳолати гузаштан ба сатҳи n + 1 компонента ченаки худро яктогӣ зиёд мекунад, усули нави васеъ татбиқёфтаи пешгӯии намудани мувозинатҳои фазагии системаи бисёркомпонента – усули транслятсия коркард шудааст. Мувофиқи талаботҳои усули мазкур, шаклҳои геометрии системаҳои n-компонента, бо илова намудани компоненти минбаъда ва гузаштан ба ҳолати n + 1 компонентагӣ, трасформатсия мешавад ва мутобиқ ба хосиятҳои топологиашону талаботҳои қоидаи фазаҳои Гиббс шаклҳои геометрии системаи n + 1 компонентаро ташкил медиҳанд” [1, с. 113-114].

“Татбиқи амалӣ намудани принсипи мутобиқат имконият фароҳам овард, ки таҳқиқи системаҳои химиявии бисёркомпонента дар сатҳи нав анҷом дода шавад ва дар натиҷа, усули такмилёфтаи бунёди диаграммаҳои мувозинати фазавӣ таҳия гардад. Ин усул имконият медиҳад, ки ҳамаи ҳолатҳои эҳтимолии мувозинат ба таври схематикӣ дар диаграммаҳо инъикос карда шаванд. Дар диаграммаҳо тасвирҳои геометрии хоси системаи додашуда, ҷойгиршавии мутақобилаи онҳо дар доираи чаҳорчӯбаи координатӣ сохта мешаванд” [25, с. 36].

“Пешгӯии мувозинатҳои фазагӣ дар системаҳои бисёркомпонента бо усули транслятсия бо якчанд роҳҳо муайян карда мешаванд. Яке аз ин усулҳо муайян кардани нуқтаҳои нонвариантӣ бо усули ҳалшавандагӣ мебошад” [45, с. 568]. Илова бар ин, пешгӯии мувозинатҳои фазагӣ дар тасвири элементҳои геометрӣ ба мо имкон медиҳад, ки шароити консентрасияи моддаҳоро барои амалӣ гардонидани фазаҳои устувори мувозинатӣ барои системаҳои бисёркомпонента, дар муайян кардани алоқамандии байни онҳо кӯмак расонад.

Яке аз роҳҳои маъмул барои муайян намудани нуқтаҳои нонвариантӣ «усули то сершавӣ» ба ҳисоб меравад, ки дар кори [4] ба таври муфассал шарҳ дода шудааст. Моҳияти ин усул дар он зоҳир мегардад, ки маҳлули мувофиқ ба нуқтаҳои нонвариантии системаи n-компонента пайдарпай то ба вуҷуд омадани маҳлули сахти сатҳи (n+1)-компонента ба дараҷаи сершавӣ расонида мешавад. Масалан системаи чоркомпонентаи намуди эвтоникии А – Б – В – Г (дар ин ҷо шартан моддаи Г ҳалкунанда, хусусан H_2O мебошад) дида мебароем. Қисми намакии диаграммаи фазагии он дар расми 1.1. оварда шудааст. Дар ин сурат якчанд ҳолатҳои муайянкунии таҷрибавии мавқеи нуқтаи нонвариантии Е бо усули транслятсия мавҷуд аст. Дар мисоли додашуда ҳолатҳои зерини таҷрибавии муайянкунии мавқеи нуқтаи бевариантии Е бо усули тосершавӣ мавҷуданд.

Ҳолати якум. Агар системаи n – компонентаи аввала А-Б-Г (H_2O) (дар ҳолати секомпонента) бошад, онгоҳ барои муайян намудани мавқеи нуқтаи Е дар сатҳи n + 1 компонентагӣ, ки ду фазаи сахти дар мувозинат буда дорад оҳиста- оҳиста фазаи сахти В-ро то ҳосилшавии таҳшин дар якҷояги бо А ва Б илова менамоянд (дар расм бо хати самтдори e_3 Е ишорат шудааст). Пас аз он таркиби маҳлули серро, ки ба шароити дар якҷояги кристаллизатсияшавии ҳамаи фазаҳои сахт (А + Б + В) ҷавобгӯй аст, муайян менамоянд.



Расми 1.1. – Қисми намакии диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи А – Б – В, дар вақти дар байни компонентҳо мавҷуд набудани баҳамтаъсиркунии химиявӣ

Ҳолати дуюм. Агар системаи n – компонентаи аввала А-Б -Г бошад, онгоҳ барои муайян намудани мавқеи нуқтаи Е дар сатҳи n + 1 компонентагӣ, ки ду фазаи сахти дар мувозинат буда дорад, оҳиста- оҳиста фазаи сахти В-ро то ҳосилшавии таҳшин дар якҷояги бо А ва Б илова менамоянд (дар расм бо хати самтдори e_1Е ишорат шудааст). Пас аз он таркиби маҳлули серро, ки ба шароити дар якҷоягӣ кристаллизатсияшавии ҳамаи фазаҳои сахт (А - Б - В) ҷавобгӯй аст, муайян менамоянд ва натиҷаҳои таҳлил бояд бо натиҷаҳои дар варианти аввала бадастомада наздик бошад.

Ҳолати сеюм. Агар системаи n – компонетаи аввала Б – В – Г (H_2O) (дар ҳолати секомпонента) бошад, онгоҳ барои муайян намудани мавқеи нуқтаи Е дар сатҳи n + 1 компонентагӣ, ки ду фазаи сахти дар мувозинат буда дорад, оҳиста- оҳиста фазаи сахти А-ро то ҳосилшавии таҳшин дар якҷоягӣ бо Б ва В илова менамоянд (дар расм бо хати самтдори e_2 E_2 ишорат шудааст). Баъдан таркиби маҳлули серро, ки ба шароити дар якҷоягӣ кристаллизатсияшавии ҳамаи фазаҳои сахт (А + Б + В) ҷавобгӯй аст, муайян менамоянд ва натиҷаҳои таҳлил бояд бо натиҷаҳои дар ду ҳолати аввала бадаст омада якхела ё наздик бошад.

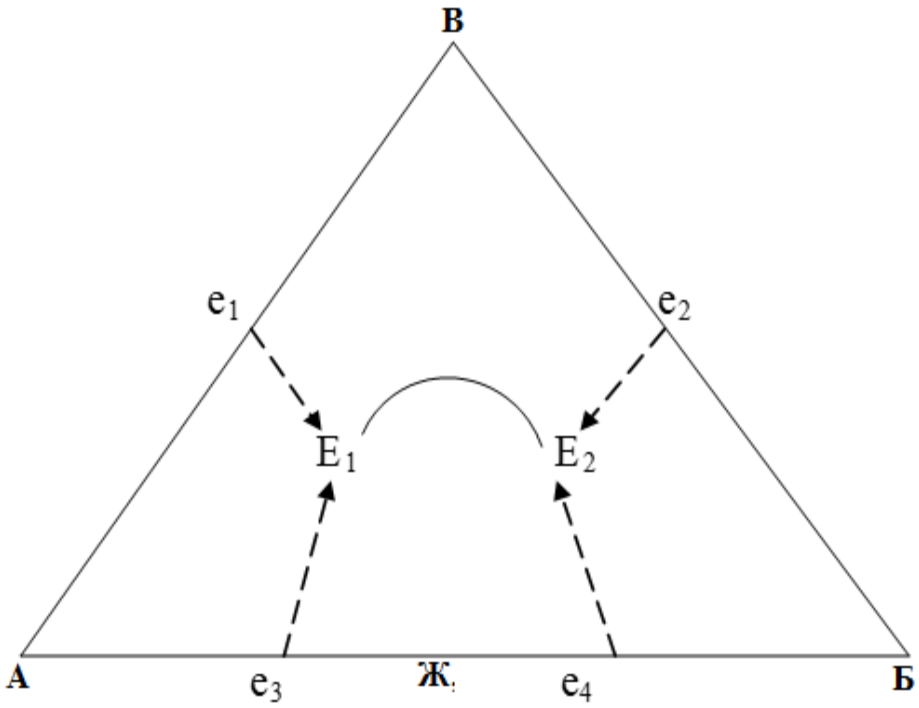
Ҳолати чорум. Пеш аз таҳқиқот, сараввал маҳлулҳои сери фазаҳои сахти мувозинатии А, Б ва В дар алоҳидагӣ омода мегардад. Баъдан, маҳлулҳои ҳосилшударо бо ҳам омехта намуда, дар ҳарорати додашуда системаро ба мувозинат меоранд. Баъди барқарор шудани ҳолати мувозинатӣ, ки дар якҷоягӣ бо маҳлули сер ҳамаи се фазаи сахт дар мувозинат мебошанд, таркиби маҳлули серро муайян менамоянд.

“Дар ҳолате ки байни компонентҳои система таъсири мутақобилаи химиявӣ сурат гирад ва дар натиҷа фазаҳои нав – монанди солватҳо, гидратҳо ё намакҳои дучанда (омехта) – ба вуҷуд оянд, тарҳрезӣ ва сохтани диаграмма боз ҳам мураккаб мегардад” [45, с. 20]. Бо вуҷуди ин, қоидаву принсипҳои муайян намудани ҷойгиршавии нуқтаҳои нонвариантӣ бетағйир боқӣ мемонанд.

Системаи чоркомпонентаи А – Б – В – Г ба ин мисол шуда метавонад, ки баҳамтаъсиркунии химиявӣ дар байни компонентҳои А ва Б ба амал омада, дар натиҷа пайвастагии Ж ҳосил мешавад. Тасвири схемавии диаграммаи мувозинатҳои фазавии чунин системаҳо дар расми 1.2 пешниҳод шудааст. Таҳлили сохтори мазкур нишон медиҳад, ки барои системаҳои баррасишаванда ташаккули ду нуқтаи нонвариантӣ хос мебошад. Ҷойгиршавии ин нуқтаҳо дар диаграмма мувофиқи пайдарҳамии муайян сурат мегирад, ки тартиби он чунин муайян карда мешавад:

а) барои нуқтаи нонвариантии E_1

Ҳолати аввал. Барои муайян намудани мавқеи нуқтаи нонвариантии E_1 дар системаи аввала А – В – Г (H_2O), ба системаи мазкур, ки дар он фазаҳои сахти А ва В дар ҳолати мувозинатанд, ҳосилшавии пайвастагии Ж-ро (дар расм бо хати e_1E_1 нишон дода шудааст) то якҷоя бо фазаҳои сахти А ва В ба таҳшини афтодани он илова мекунанд. Пас аз ин консентратсияи мувозинатиро дар маҳлули бо ҳар сеи ин фазаҳои сахт сершуда муайян мекунанд.



Расми 1.2. – Қисми намакии диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи А – Б– В – Г (дар ин ҷо Г - ҳалкунанда), дар вақте, ки дар байни компонентҳои А ва Б баҳамтаъсиркунии химиявӣ бо ҳосилшавии пайвастагии Ж ҷой дорад

б) барои нуқтаи нонвариантии E_2

Ҳолати дуюм. Агар системаи аввала А – Б – Г (H_2O) бошад, барои муайян намудани мавқеи нуқтаи нонвариантии E_1 ба системаи мазкур, ба маҳлуле, ки бо компоненти А ва пайвастагии Ж сершудааст фазаҳои сахти А ва Б дар мувозинатанд бо миқдори муайяни кам, компоненти В -ро (дар расм бо хати e_3E_1 нишон дода шудааст) то якҷоя бо компоненти А ва пайвастагии Ж ба таҳшини афтодани он илова мекунанд. Пас аз ин консентратсияи мувозинатиро дар маҳлули бо фазаҳои сахт А + Ж +В сершуда муайян мекунанд. Натиҷаҳои таҳлили таркиби ин маҳлул бояд бо натиҷаҳои таҳлили таркиби маҳлули сери дар ҳолати аввала муайянгардида якхела ё наздик бошад.

Ҳолати сеюм. Маҳлулҳои ба фазаҳои сахти А + В (нуқтаи e_1) ва В + Ж (нуқтаи e_3), сершударо дар алоҳидагӣ тайёр намуда онҳоро омехта намуда ба ҳолати мувозинати меоранд. Таркиби маҳлули сери ҳосилшударо, ки дар он фазаҳои А + Ж + В дар мувозинатанд, муайян мекунанд. Таркиби муайяншудаи ин маҳлул бояд бо натиҷаҳои таҳлили таркиби маҳлули сери дар варианти аввала ва дуюмини муайянгардида якхела ё наздик бошад.

Ҳолати аввал. Агар системаи аввала Б – В – Г (H_2O) бошад, барои муайян намудани мавқеи нуқтаи бевариантии E_2 ба системаи мазкур, ки фазаҳои сахти Б ва В дар мувозинатанд бо миқдори муайян пайвастагии Ж-ро (дар расм бо хати e_2E_2 нишон дода шудааст) то якҷоя бо фазаҳои сахти А ва В ба таҳшини афтодани он илова мекунанд. Пас аз ин системаро ба мувозинат оварда, консентратсияи мувозинатиро дар маҳлули бо фазаҳои сахти Б, В ва Ж сершуда муайян мекунанд.

Ҳолати дуюм. Агар системаи аввала А – Б – Г (H_2O) бошад, барои муайян намудани мавқеи нуқтаи нонвариантии E_2 ба системаи мазкур, ба маҳлуле, ки бо компоненти В ва пайвастагии Ж сершудааст бо миқдори муайян компоненти В -ро (дар расм бо хати e_4E_2 нишон дода шудааст) то якҷоя бо компоненти Б ва пайвастагии Ж ба таҳшини афтодани он илова мекунанд. Пас аз ин системаро ба мувозинат оварда, консентратсияи мувозинатиро дар маҳлули бо фазаҳои сахт Б + Ж +В сершуда муайян

мекунанд. Натиҷаҳои таҳлили таркиби ин маҳлул бояд бо натиҷаҳои таҳлили таркиби маҳлули сери дар варианти аввала муайянгардида якхела ё наздик бошанд.

Ҳолати сеюм. Дар алоҳидагӣ маҳлулҳои ба фазаҳои сахти Б + В (нуқтаи e_2) ва Б + Ж (нуқтаи e_4), сершударо тайёр намуда онҳоро омехта намуда ба ҳолати мувозинати меоранд. Таркиби маҳлули сери ҳосилшударо, ки дар он фазаҳои Б + Ж + В дар мувозинатанд муайян мекунанд. Таркиби муайяншудаи ин маҳлул бояд бо натиҷаҳои таҳлили таркиби маҳлули сери дар ҳолати аввала ва дуюмини муайянгардида якхела ё наздик бошанд.

1.2. Ҳолати тадқиқи системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3- H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 °C

Системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O, ки мавзуи тадқиқи рисола ба ҳисоб меравад аз зерсистемаҳои чоркомпонентаи зерин иборатанд: K,Mg,Ca//SO_4-H_2O; K,Mg,Ca//CO_3-H_2O; K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O; Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O; K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O. Ҳолати тадқиқи системаҳои чоркомпонентаи ин системаи панҷкомпонентаро ташкилдиҳанда дар зербоби 1.3 дарҷ гардидааст.

Системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3 – H_2O, ки то ин дам омӯхта нашудааст дар кори диссертатсионии мо бо истифода аз усули транслятсия мавриди омӯзиш қарор гирифтааст. “Усули транслятсия, ки ба принсипи мувофиқат такя мекунад, ба он асос ёфтааст, ки ҳангоми гузариш аз системаи n-компонента ба системаи дорои (n+1) компонент, унсурҳои сохтории системаи қаблӣ андозаи худро ба як дараҷа зиёд менамоянд. Ин унсурҳои тағйирёфта ба сатҳи таркибии системаи нави (n+1)-компонента интиқол ёфта, дар шаклгирӣ ва инъикоси геометрии он саҳми муҳим мегузоранд” [1, с. 112-115;].

Тавре устод Солиев Л. шарҳ додаанд, “нуқтаҳои нонвариантӣ ба хатҳои моновариантӣ мубаддал мегарданд, хатҳои моновариантӣ ба майдонҳои дивариантӣ табдил меёбанд, майдонҳои дивариантӣ бошад ба фазо ва ғайра мегузаранд. Ташаккули чунин унсурҳои сохторӣ дар сатҳи

таркиби (n+1)-компонента мутобиқи хусусиятҳои топологии онҳо ва дар асоси қонуни фазаҳои Гиббс амалӣ мегардад” [1, с. 114;].

Тадбиқи усули транслятсия барои сохтани диаграммаҳои химиявии мувозинатҳои фазагии системаҳои бисёркомпонента дар системаҳои обӣ-намакӣ [32-52, 112-115] ва оксидӣ [53-58] тадбиқ шуда, аз ҷониби мутахассисони соҳа баҳои баланд гирифтаанд.

Дар рисолаи мазкур омӯзиши ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонетаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC дарҷ гардидааст. Баррасии системаи таҳқиқшаванда нишон дод, ки он ҳамчун зерсистема ба таркиби системаи мураккаби шашкомпонентаи Na,K,Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дохил мегардад ва омӯзишу коркарди он метавонад дар шароити оптималии муқаррарӣ бо муваффақият амалӣ карда шавад. “Натиҷаҳои бадастомада асоси илмиро барои роҳандозии коркарди ашёи хоми минералии табиӣ ва техногенӣ, ки дар таркибашон сулфатҳо ва карбонатҳои калий, калсий ва магний мавҷуданд, фароҳам меоранд. Илова бар ин, раванди пешниҳодшуда барои коркарди партовҳои моеъи саноатии истеҳсоли алюминий, аз ҷумла партовҳои корхонаи алюминийи шаҳри Турсунзода, мутобиқ мебошад, ба роҳ монда шавад” [59, с. 32; 60, с. 27; 103–106].

Мавриди зикр аст, ки як қатор олимон тадқиқотҳои худро ба омӯзиш ва коркарди партовҳои моеъи истеҳсоли алюминий дар заводи мазкур бахшидаанд [61–76, 107]. Қисми асосии ин гуна тадқиқотҳо хусусияти технологӣ дошта, ба баланд бардоштани самаранокӣ ва такмили равандҳои коркарди партовҳои саноатӣ нигаронида шудаанд.

Тадқиқотҳои гузаронидаи мо барои ташаккул додани асосҳои илмии ҳалли ин масъала равона гардида дар он омӯзиши мувозинатҳои фазавӣ, қонуниятҳои ҳалшавии моддаҳо дар системаҳои химиявӣ ва инчунин тарҳрезии диаграммаҳои ҳалшавандагӣ ҷой дода шудааст. Бо истифодаи чунин равиши комплексӣ имконият фароҳам меояд, ки параметрҳои оптималии коркарди самараноки партовҳои моеъи саноатии истеҳсоли алюминий муайян карда шаванд.

1.3. Ҳолати тадқиқи системаҳои чоркомпонетнаи системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O – ро ташкилкунанда

Тавре дар зербоби 1.2. қайд намудем системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O аз системаҳои чоркомпонентаи зерин иборатанд: K,Mg,Ca//SO_4-H_2O; K,Mg,Ca//CO_3-H_2O; K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O; Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O; K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O.

Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O. Тибқи маълумотҳои мавҷудаи адабиёти [77-79] системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 0 ^oC бо усули ҳалшавандагӣ омӯхта нашудааст. Аз ин рӯ, бо мақсади муайян намудани мувозинатҳои фазагӣ ва сохтани диаграммаи сарбастаи схемагии мувозинатҳои фазагии ин система мо аз далелҳои ҳалшавандагӣ дар зерсистемаҳои секомпонентаи таркибии он истифода бурдем, ки дар ҷадвали 1.1. оварда шудаанд.

Ҷадвали 1.1. – Ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазавӣ дар системаҳои секомпонентаи K,Mg//SO_4-H_2O, K,Ca //SO_4-H_2O, Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 0 ^oC, ки системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O – ро ташкил медиҳанд

Фазаи моеъ (масса %)				Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Аломатҳои шартӣ
K_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	H_2O		
7,5	0	-	92,5	K_2SO_4	Ар
7,7	8,8	-	83,5	K_2SO_4+K_2SO_4·$MgSO_4$·$6H_2O$	Ар + Ше
6,8	10,0	-	83,2	K_2SO_4·$MgSO_4$·$6H_2O$	Ше
4,75	15,0	-	80,25	K_2SO_4·$MgSO_4$·$6H_2O$	Ше
3,15	19,8	-	77,05	K_2SO_4·$MgSO_4$·$6H_2O$+ +$MgSO_4$·$12H_2O$	Ше + М·12
0,0	20,3	-	79,7	$MgSO_4$·$12H_2O$	М·12
7,5	-	0	92,5	K_2SO_4	Ар
6,99	-	0,022	92,98	K_2SO_4+ K_2SO_4·$CaSO_4$·H_2O	Ар+Сн
2,0	-	0,129	97,87	K_2SO_4·$CaSO_4$·H_2O+ +$CaSO_4$·$2H_2O$	Сн+Гп
0	-	0,210	99,79	$CaSO_4$·$2H_2O$	Гп

Дар асоси далелҳои ҳалшавандагӣ, диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи химиявии K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 0 ^oC сохта нашудаанд, ки дар он тамоми шаклҳои геометрӣ, мавқеи нисбии онҳо (нуқтаҳо, хатҳо, майдонҳо) инъикос карда шаванд.

Таҳлили маълумотҳои адабиётӣ [77-79] нишон медиҳанд, ки системаи чоркомпонентаи мазкур дар ҳарорати 25 ^oC бо усули ҳалшавандагӣ ҳам дар сатҳи секомпонентагӣ ва ҳам дар сатҳи чоркомпонентагӣ пурра омӯхта шуда, аммо диаграммаи ҳалшавандагии он сохта нашудааст. Далелҳои ҳалшавандагии зерсистемаҳои сеҷкомпонентаи K,Mg//SO_4-H_2O, K,Ca //SO_4-H_2O, Mg,Ca//SO_4-H_2O аз [79, с. 805 – 807] гирифта шуда, дар ҷадвали 1.2. оварда шудаанд.

Далелҳои ҳалшавандагии системаи чоркомпонентаи K,,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC аз [79] гирифта шуда дар ҷадвали 1.3. оварда шудаанд.

Ҷадвали 1.2. – Ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагӣ дар системаҳои секомпонентаи K,Mg//SO_4-H_2O, K,Ca //SO_4-H_2O ва Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC, ки системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O - ро ташкил медиҳанд

	Фазаи моеъ (масса %)			Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Аломатҳои шартӣ
K_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	H_2O		
11,67	0,0	-	88,33	K_2SO_4	Ар
10,90	12,54	-	76,56	K_2SO_4+$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$	Ар + Ше
4,06	26,31	-	69,63	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$+ +$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Ше + Эпс
0,0	26,70	-	73,3	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Эпс
0,39	-	0,030	89,58	$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	Сн
9,27	-	0,023	90,7	$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	Сн
3,93	-	0,094	95,97	$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	Сн
-	27,10	0,0	72,9	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Эпс
-	27,08	0,007	72,91	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Эпс
-	27,08	0,011	72,93	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Эпс

				Идомаи ҷадвали1.2	
-	27,05	0,040	72,94	$MgSO_4 \cdot 7H_2O + CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Эпс + Гп
-	19,85	0,117	80,03	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Гп
-	13,49	0,145	86,36	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Гп
-	5,40	0,165	94,43	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Гп
-	0,00	0,209	99,79	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Гп

Муқоисаи маълумот оиди ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагии дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар сатҳи секомпонентагӣ барои ҳарорати 0 °C (Ҷадвали 1.1.) ва 25 °C (Ҷадвали 1.2. ва 1.3.) нишон медиҳанд, ки бо афзоиши ҳарорат, ҳалшавандагии арканит K_2SO_4 (Ар) 30-36%, сулфати магний $MgSO_4 \cdot 12H_2O$ (М·12) 22-25% ва гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (Гп) аз 15-20% меафзояд.

Ҷадвали 1.3. – Ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагӣ дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои ҳарорати 25 °C

Таркиби фазаи моеъ мас. %				Фазаҳои сахти дар мувозинатбуда
K_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	H_2O	
11,9	11,3	0,021	76,8	Ар + Ше + Сн
3,6	27,0	0,023	69,4	Ше + Сн + Эпс
3,4	27,0	0,031	69,6	Сн + Эпс + Пг
2,5	26,5	0,032	71	Эпс + Пг + Гп
2,4	26,8	0,031	29,2	Пг + Сн + Гп

Чи хеле, ки дида мешавад, бо баландшавии ҳарорат фазаи нав полигалит (Пг) ҳосил мегардад ва сулфати магний $MgSO_4 \cdot 12H_2O$ (М·12) қисман беоб гашта ба $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (Эпс) табдил меёбад.

Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O. Дар адабиёт [77-79] маълумот дар бораи ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагии системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳароратҳои 0 ва 25 °C мавҷуд нест. Танҳо далел дар бораи системаи секомпонентаи Ca,Mg//CO_3-H_2O

барои ҳарорати 0 °С ва 25 °С аз [78] гирифта шуда, дар ҷадвали 1.3.4. тартиб дода шудааст.

Ҷадвали 1.4. – Ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагӣ дар системаи секомпонентаи Ca,Mg//CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 ва 25 °С, ки системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O - ро ташкил медиҳанд

Таркиби фазаи моеъ, масс%			Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Аломатҳои шартӣ
$CaCO_3$	$MgCO_3$	H_2O		
Ҳарорати 0 °С				
0,0	0,2445	99,75	$CaCO_3$	Cc
0,019	0,2211	99,75	$CaCO_3$+$MgCO_3$·$CaCO_3$	Cc+ Mg·Ca
0,079	0,087	99,83	$MgCO_3$·$CaCO_3$	Mg·Ca
0,1796	0,05	99,77	$MgCO_3$·$CaCO_3$+$MgCO_3$·3H_2O	Mg·Ca+ M·3
0,3206	0,0	99,67	$MgCO_3$·3H_2O	M·3
Ҳарорати 25 °С				
0,015	0,0	99,98	$MgCO_3$·3H_2O	M·3
0,0095	0,0095	99,98	$MgCO_3$·3H_2O+ $MgCO_3$·$CaCO_3$	M·3+ Mg·Ca
0,0096	0,0634	99,93	$MgCO_3$·$CaCO_3$+$CaCO_3$	Mg·Ca+ Cc
0,0	0,1	99,9	$CaCO_3$	Cc

Тавре, ки аз ҷадвали 1.4. бармеояд ҳамаи системаҳои секомпонентаи системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O – ро ташкилдиҳанда, дар сатҳи секомпонентагӣ дар ҳароратҳои 0 ва 25 °С пурра омухта нашудаанд, бинобар ин системаи мазкур табиати эвтоникӣ дорад. Бо баландшавии ҳарорат аз 0 то 25 °С ҳалшавандагии моддаҳо дар системаи мазкур андаке тағйир ёфта, бе ҳосилшавии фазаи нав ба охир мерасад.

Системаи чоркомпонентаи K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O. Ҳангоми ҷустуҷӯ дар бораи ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагии системаи чоркомпонентаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 °С маълумоти адабиёти [77-79] маълумот мавҷуд нест. Тибқи маълумоти мавҷуда [78-79] ҳалшавандагии

системаҳои секомпонентаи К//SO_4,CO_3-H_2O ва К,Mg//SO_4-H_2O дар ҳарорати 0 ва 25 ^oC нисбатан хуб омӯхта шуда, дар ҷадвали 1.5. оварда шудаанд.

Чихеле, ки аз ҷадвали 1.5. дида мешавад дар системаи мазкур бо баландшавии ҳарорат дар байни компонентҳои система баҳамтаъсиркунии химиявӣ ба амал намеояд, яъне фазаи нав ҳосил намешавад. Танҳо $MgSO_4 \cdot 12H_2O$ дар ҳарорати 25 ^oC қисман беоб гардида ба Эпс-эпсомит $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ва $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ қисман беоб гардида $K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O$ табдил меёбанд.

Ҷадвали 1.5. – Ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагӣ дар системаҳои секомпонентаи К//SO_4,CO_3-H_2O; К,Mg //SO_4-H_2O дар ҳарорати 0 ва 25 ^oC, ки системаи чоркомпонентаи К,Mg //SO_4,CO_3-H_2O- ро ташкил медиҳанд

Таркиби фазаи моеъ, масс%				Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Аломатҳои шартӣ
K_2SO_4	K_2CO_3	$MgSO_4$	H_2O		
Ҳарорати 0 ^oC					
6,78	0	-	93,22	K_2SO_4	Ар
4,71	6,88	-	88,41	K_2SO_4	Ар
3,33	11,66	-	85,01	K_2SO_4	Ар
0,15	45,6	-	54,25	K_2SO_4	Ар
0,12	51,3	-	48,44	K_2SO_4+$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	Ар+К·2
0	51,7	-	48,3	$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	К·2
7,5	-	0	92,5	K_2SO_4	Ар
7,7	-	8,8	83,5	K_2SO_4+$K_2SO_4 \cdot$ $\cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$	Ар+Ше
6,8	-	10,0	83,2	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$	Ше
4,75	-	15,0	80,25	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$	Ше
3,15	-	19,8	77,05	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$+ +$MgSO_4 \cdot 12H_2O$	Ше+М·12
0,0	-	20,3	79,7	$MgSO_4 \cdot 12H_2O$	М·12

Идомаи ҷадвали 1.5.

Ҳарорати 25 °C					
10,75	-	0	89,25	K_2SO_4	Ар
10,95	-	10,0	79,05	K_2SO_4+K_2SO_4 ·$MgSO_4$· ·$6H_2O$	Ар+Ше
10,75	-	12,5	76,75	K_2SO_4·$MgSO_4$·$6H_2O$	Ше
9,3	-	15,0	75,7	K_2SO_4· $MgSO_4$·$6H_2O$	Ше
4,95	-	20,0	69	K_2SO_4· $MgSO_4$·$6H_2O$+ $MgSO_4$·$7H_2O$	Ше+Эпс
0	-	25,0	72,8	$MgSO_4$·$7H_2O$	Эпс
10,7	0	-	89,3	K_2SO_4	Ар
6,5	5,5	-	88,0	K_2SO_4	Ар
0,08	52,8	-	47,17	K_2SO_4+ K_2CO_3·$1,5H_2O$	Ар+К·1,5
0	52,8	-	47,2	K_2CO_3·$1,5H_2O$	К·1,5

Системаи чоркомпонентаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O. Дар бораи ҳалшавандагӣ, диаграммаи ҳолати ва мувозинати фазагӣ дар системаи чоркомпонентаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 °C маълумот мавҷуд нест [78-79]. Системаи чоркомпонентаи мазкурро чор системаи секомпонента Ca,Mg//SO_4-H_2O, Ca,Mg//CO_3-H_2O, Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва Mg//SO_4,CO_3-H_2O ташкил медиҳанд, ки танҳо системаи Ca,Mg//SO_4-H_2O ва Mg//SO_4,CO_3-H_2O бо усули ҳалшавандагӣ нисбатан хуб омӯхта шудаанд. Дар системаи химиявии Ca,Mg//SO_4-H_2O бо баланд шудани ҳарорат аз 0 то 25 °C, байни компонентҳои система таъсиррасонии химиявӣ ба амал намеояд ва танҳо фазаи $MgSO_4$·$12H_2O$ (М·12), дар ҳарорати 25 °C қисман беоб гардида ба Эпс-эпсомит $MgSO_4$ ·$7H_2O$ табдил меёбад. Диаграммаи ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи мазкур сохта нашудаанд.

Системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O. Системаи чоркомпонентаи иборат аз сулфатҳо ва карбонатҳои калий, калсий бо

усули ҳалшавандагӣ омухта нашудаанд. Маълумот дар бораи ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагӣ дар сатҳи секомпонентаи системаи чоркомпонентаро ташкилдиҳанда дар ҳарорати 0 ва 25 °С аз [78-79] гирифта шуда, дар ҷадвали 1.6. гирд оварда шудаанд.

Ҷадвали 1.6. – Ҳалшавандагӣ ва мувозинати фазагӣ дар системаи чоркомпонентаи К,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва системаи секомпонентаи онро ташкилдиҳанда барои ҳароратҳои 0 ва 25 °С

Фазаи моеъ (масса %)					Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Аломатҳои шартӣ
K_2SO_4	$CaSO_4$	K_2CO_3	$CaCO_3$	H_2O		
Ҳарорати 0 °С						
6,78	-	0	-	93,22	K_2SO_4	Ар
0,03	-	51,3	-	48,7	K_2SO_4+$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	Ар+К·2
0	-	51,7	-	48,3	$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	К·2
6,78	0	-	-	93,22	K_2SO_4	Ар
6,99	0,022	-	-	92,988	K_2SO_4+ +$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	Ар+Сн
2,00	0,129	-	-	96,871	$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$ + $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Сн+ Гп
0	0,176	-	-	99,824	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Гп
Ҳарорати 25 °С						
10,79	-	0	-	89,21	K_2SO_4	Ар
2,36	-	18,38	-	47,16	K_2SO_4	Ар
0,04	-	52,80	-	47,2	K_2SO_4+ $K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O$	Ар+К·1,5
0	-	52,80	-	47,20	$K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O$	К·1,5
10,40	0	-	-	89,6	K_2SO_4	Ар
10,40	0,027	-	-	89,57	K_2SO_4+ +$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	Ар+ Сн
10,39	0,030	-	-	89,58	$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	Сн

Идомаи ҷадвали 1.6.						
3,17	0,155				$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$+ +$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Сн+ Гп
0	0,26	-	-	99,74	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Гп
-	0,209	-	0	99,79	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Гп
-	0,213	-	0,0048	99,78	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$+ $CaCO_3$	Гп+Сс
-	0	-	0,0048	99,99	$CaCO_3$	Сс

Тавре, ки аз ҷадвали боло маълум аст, дар системаи секомпонентаи K,Ca//SO_4-H_2O намаки дучандаи - сингенит ($K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$) ҳосил шуда, дар системаи K//SO_4,CO_3-H_2O фазаи сахти $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ 0,5 мол оби кристаллизатсионии худро гум карда ба $K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O$ табдил меёбад. Маълумот оиди ҳалшавандагии системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 ва 25 ^oC мавҷуд нест. Диаграммаи ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи мазкур, ки элементҳои геометриро инъикос мекунанд (нуқтаҳо, хатҳо, майдонҳо) сохта нашудаанд.

Хулосаи шарҳи адабиёт. Ҳангоми таҳлил ва муҳокимаи адабиёти дар боло зикргардида муайян гардид, ки барои омӯзиши системаҳои химиявӣ усулҳои гуногун пешниҳод шудаанд, аммо на ҳамаи онҳо қобилияти пурра инъикос намудани қонуниятҳои мувозинатҳои фазавӣ ва инчунин сохтани диаграммаҳои мукаммали системаҳои бисёркомпонентаро доранд. Аз усулҳои дар боло зикр гардида, усули транслятсия дурнамои бештар дошта, ҳама элементҳои геометрии системаҳои химиявии мураккаби обӣ-намакӣ дар як диаграмма мувофиқи қоидаҳои фазаи Гиббс ҷойгир карда мешаванд. Мафҳуми усули транслятсия дар он ифода меёбад, ки “ҳангоми аз n то (n+1) зиёд шудани компонентнокии системаи химиявӣ, унсурҳои геометрии системаи n-компонента ченаки худро ба як дараҷа боло мебаранд ва ба сатҳи (n+1)-компонента интиқол ёфта, унсурҳои геометрии низоми навро ташаккул медиҳанд. Бо такя ба ҳамин асос ва бо ба инобат гирифтани қоидаи фазаҳои Гиббс, имкон пайдо мешавад мувозинатҳои

фазагии системаи (n+1)-компонентаро пешбинӣ намуда, диаграммаи схемагии сарбастаи онро тартиб дод” [1, с. 114].

Маълумот оид ба сатҳи омӯхташавии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва инчунин системаҳои чор- ва секомпонентаи ташкилдиҳандаи он барои ҳароратҳои 0 ва 25 °C дар ҷадвали 1.7 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1.7. – Ҳолати омӯзиши системаҳои се -, чор- ва панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ҳароратҳои 0 ва 25°C

Системаҳо	Компонентнокӣ	Ҳарорат	
		0 °C	25 °C
K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O	5	-	-
K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O	4	-	-
Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O	4	-	-
K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O	4	-	-
K,Mg,Ca//SO_4-H_2O	4	-	+
K,Mg,Ca//CO_3-H_2O	4	-	-
K,Mg//SO_4-H_2O	3	+	+
K //SO_4,CO_3-H_2O	3	+	+
Mg//SO_4,CO_3-H_2O	3	-	+
K,Mg//CO_3-H_2O	3	-	-
Mg,Ca//SO_4-H_2O	3	-	+
Mg,Ca//CO_3-H_2O	3	+	+
Ca//SO_4,CO_3-H_2O	3	+	+
K,Ca //SO_4-H_2O	3	+	+
K,Ca //CO_3-H_2O	3	-	-

Чуноне, ки аз ҷадвали пешниҳодшуда дида мешавад, системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O умуман омӯхта нашудааст. Аз системаҳои чоркомпонентагӣ, танҳо ҳалшавандагии як системаи K,Mg,Ca//SO_4 -H_2O дар ҳарорати 25 °C омухта шуда, аммо диаграммаи ҳалшавандагӣ ё мувозинати фазагии он сохта нашудааст [79, с. 236].

Инчунин системаҳои чоркомпонентаи боқимонда низ умуман омухта нашудаанд. Ҳалшавандагии системаҳои секомпонентаи дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^{o}C омухташуда, инҳоянд: K,Mg//SO_4-H_2O, K//SO_4,CO_3-H_2O, Mg,Ca//SO_4-H_2O, K,Ca//SO_4-H_2O. Се системаи секомпонентаи дигар Mg//SO_4,CO_3-H_2O, Mg,Ca//SO_4-H_2O ва Ca//SO_4,CO_3-H_2O танҳо дар ҳарорати 25 ^{o}C омӯхта шудаанд. Системаҳои секомпонентаи K,Ca//CO_3-H_2O ва K,Mg//CO_3-H_2O умуман омӯхта нашудаанд ва онҳоро мо эфтоникӣ қабул намудем.

БОБИ 2. ФАЗАҲОСИЛШАВӢ ВА ҲАЛШАВАНДАГӢ ДАР ИФОДАҲОИ ГЕОМЕТРИИ СИСТЕМАИ БИСЁРКОМПОНЕНТАИ K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O БАРОИ 0 °C БО УСУЛИ ТРАНСЛЯТСИЯ

Системаи панҷкомпонентаи химиявии K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O аз чунин қисмҳои таркибӣ: K_2SO_4, $MgSO_4$, $CaSO_4$, K_2CO_3, $MgCO_3$, $CaCO_3$ ва H_2O иборатанд. Мувофиқи қоидаҳои умумӣ, система аз панҷ компонент иборат мебошад. Шумораи компонентҳои системаҳои химиявӣ метавонад ба роҳҳои гуногун муайян карда шавад. Яке аз онҳо ҳисоб кардани шумораи ионҳоест, ки дар натиҷаи диссотсиатсияи намакҳо ба вуҷуд меоянд. Дар маҳлулҳои обии системаҳои мавриди тадқиқ, ионҳои K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, SO_4^{2-} ва CO_3^{2-} ҳузур доранд, яъне система аз панҷ ион ё панҷ қисми асосӣ иборат мебошад.

Тибқи қоидаҳои умумии қабулшуда, системаи мазкур панҷкомпонента мебошад. Шумораи компонентҳои системаҳои химиявиро метавонад бо роҳҳои гуногун муайян кард, аз ҷумла бо назардошти теъдоди ионҳое, ки дар натиҷаи диссотсиатсияи намакҳо ба вуҷуд меоянд. Дар маҳлулҳои обӣ системаи мавриди тадқиқ аз катионҳои K^+, Mg^{2+} ва Ca^{2+}, инчунин аз анионҳои SO_4^{2-} ва CO_3^{2-} таркиб ёфтааст. Ҳамин тариқ, бо дарназардошти ҳузури панҷ навъи ион, система ҳамчун панҷкомпонента тавсиф карда мешавад.

Таркиби системаи панкомпонентаро панҷ зерсистемаҳои чоркомпонента: K,Mg,Ca//$SO_4$$H_2O$, K,Mg,Ca//$CO_3$-$H_2O$, K,Mg//$SO_4$,$CO_3$-$H_2O$, Mg,Ca//$SO_4$,$CO_3$-$H_2O$, K,Ca//$SO_4$,$CO_3$-$H_2O$ ташкил медиҳанд. Ду системаи химиявӣ, ки анионҳои умумӣ доранд, дар байни худ ҳеҷ гуна реаксияи мубодилавии иониро ба амал намеоранд. Аз ин рӯ, таркиби моддаҳо (се намак ва об) дар ин системаҳо ҳамчун компонентҳои мустақил ҳисоб карда мешаванд. Дар системаҳои чоркомпонентаи дигар, ки дар таркибашон се намак ва об мавҷуданд, реаксияҳои мубодилаи ионӣ ба вуҷуд меоянд.

$$K_2SO_4 + MgCO_3 \xleftarrow{H_2O} K_2CO_3 + MgSO_4$$

-барои система Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O

$$MgSO_4 + CaCO_3 \xleftrightarrow{H_2O} MgCO_3 + CaSO_4$$

-барои система K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O

$$K_2SO_4 + CaCO_3 \xleftrightarrow{H_2O} K_2CO_3 + CaSO_4$$

Ҳамин тавр, бо вуҷуди он ки системаҳои баррасишаванда аз панҷ компонент, яъне чор намак ва об, таркиб ёфтаанд, шумораи компонентҳои мустақили онҳо чорро ташкил медиҳад. Ин ҳолат бо мавҷудияти як реаксияи мубодилаи ионӣ шарҳ дода мешавад, ки мутобиқи он шумораи компонентҳои мустақил аз фарқи байни шумораи умумии компонентҳо ва шумораи реаксияҳои мустақил муайян мегардад. Ҳамчунин, аз рӯи шумораи ионҳои фаъол дар система, онҳо чоркомпонента ҳисобида мешаванд.

Таҳлили маълумоти илмӣ дар бораи системаи мавриди тадқиқ қарордошта нишон медиҳад, ки мувозинатҳои фазагии он дар ҳароратҳои гуногун то кунун ба таври васеъ омӯхта нашудааст. Барои пурра кардани ин норасоиҳо, мувозинатҳои фазагии системаи мазкур бо истифода аз усули транслятсия дар ҳароратҳои 0 °C ва 25 °C тадқиқ шуданд. Интихоби ин ҳароратҳо ба шароити табиии муҳит (фасли тобистон ва зимистон) вобастагӣ дорад, зеро онҳо ҳарорати миёнаи зарурии коркарди партовҳои моеъро дар саноати алюминий инъикос мекунанд.

2.1. Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4 – H_2O

Системаи тадқиқшавандаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4H_2O аз се системаи секомпонентаи зерин иборат аст: K,Mg//SO_4-H_2O; K,Ca//SO_4-H_2O; Mg,Ca//SO_4-H_2O. Мувофиқи маълумоти манбаҳои илмӣ [77–79], системаҳои секомпонентаи мавриди тадқиқ қарордошта дар ҳароратҳои 0 °C ва 25 °C пурра омӯхта шудаанд. Дар ҷадвал ва минбаъд E ҳамчун ишораи нуқтаи нонвариантӣ истифода мешавад, рақами зери индекс нишондиҳандаи тартиби нуқта, ва адади болои он (дараҷа) нишондиҳандаи компонентнокии система мебошад. Мувозинатҳои фазагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии онҳо дар ҷадвали 2.1. ҷамъ оварда шудаанд.

Ҷадвали 2.1. – Нуқтаҳои нонвариантӣ бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаи система K,Mg,Ca//SO_4 - H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Системаҳо	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
K,Mg//SO_4-H_2O	E_1^3 E_2^3	Ше+М·12 Ар+Ше
K,Ca//SO_4-H_2O	E_3^3 E_4^3	Сн+Гп Ар+Сн
Mg,Ca//SO_4-H_2O	E_5^3	М·12+Гп

Мувофиқи ин маълумотҳо дар расми 2.1. диаграммаи мувозинати фазавии системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ, дар шакли призмаи кушода сохта шудааст. Дар диаграмма ҳамаи элементҳои геометрии имконпазир (нуқтаҳои нонвариантӣ, хатҳои моновариантӣ, майдонҳои дивариантӣ) дар сатҳи секомпонентагӣ нишон дода шудаанд.

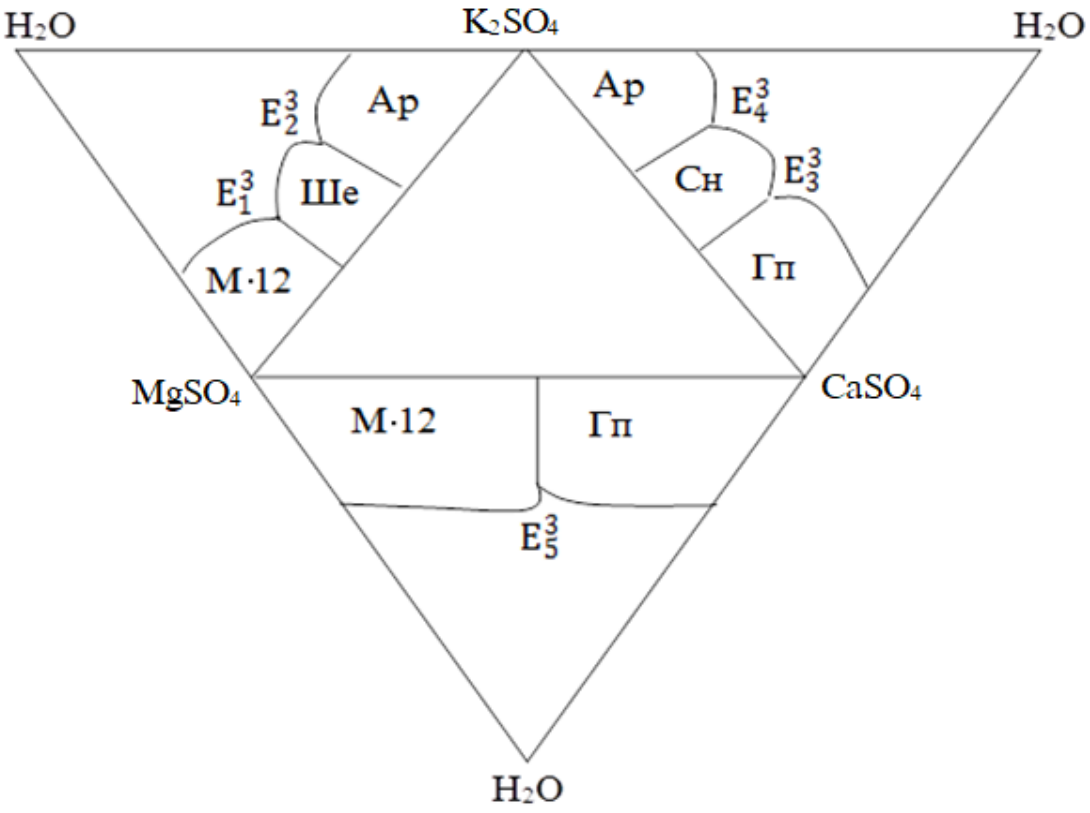
Гузариши нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента, пайдошавии нуқтаҳои нонвариантии зеринро, бо фазаҳои сахти дар мувозинат буда, ба миён меорад, ки дар шакли математикӣ чунин ифода меёбанд:

$E_1^3 + E_5^3 \longrightarrow E_1^4$ = Ше + Гп + М·12;

$E_2^3 + E_4^3 \longrightarrow E_2^4$ = Ше + Ар+ Сн;

$E_3^3 + Ше \longrightarrow E_3^4$ = Ше + Гп + Сн.

Дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои системаи мазкур се нуқтаи нонвариантӣ муайян гардид, ки аз онҳо дутояш (E_1^4 ва E_2^4) маҳсули татбиқи транслятсияи дутарафа мебошанд ва нуқтаи сеюм (E_3^4) бошад дар асоси транслятсияи яктарафа [80] ба вуҷуд омада хусусияти фарқкунандаи мувозинатҳои фазагиро дар ин система нишон медиҳад.

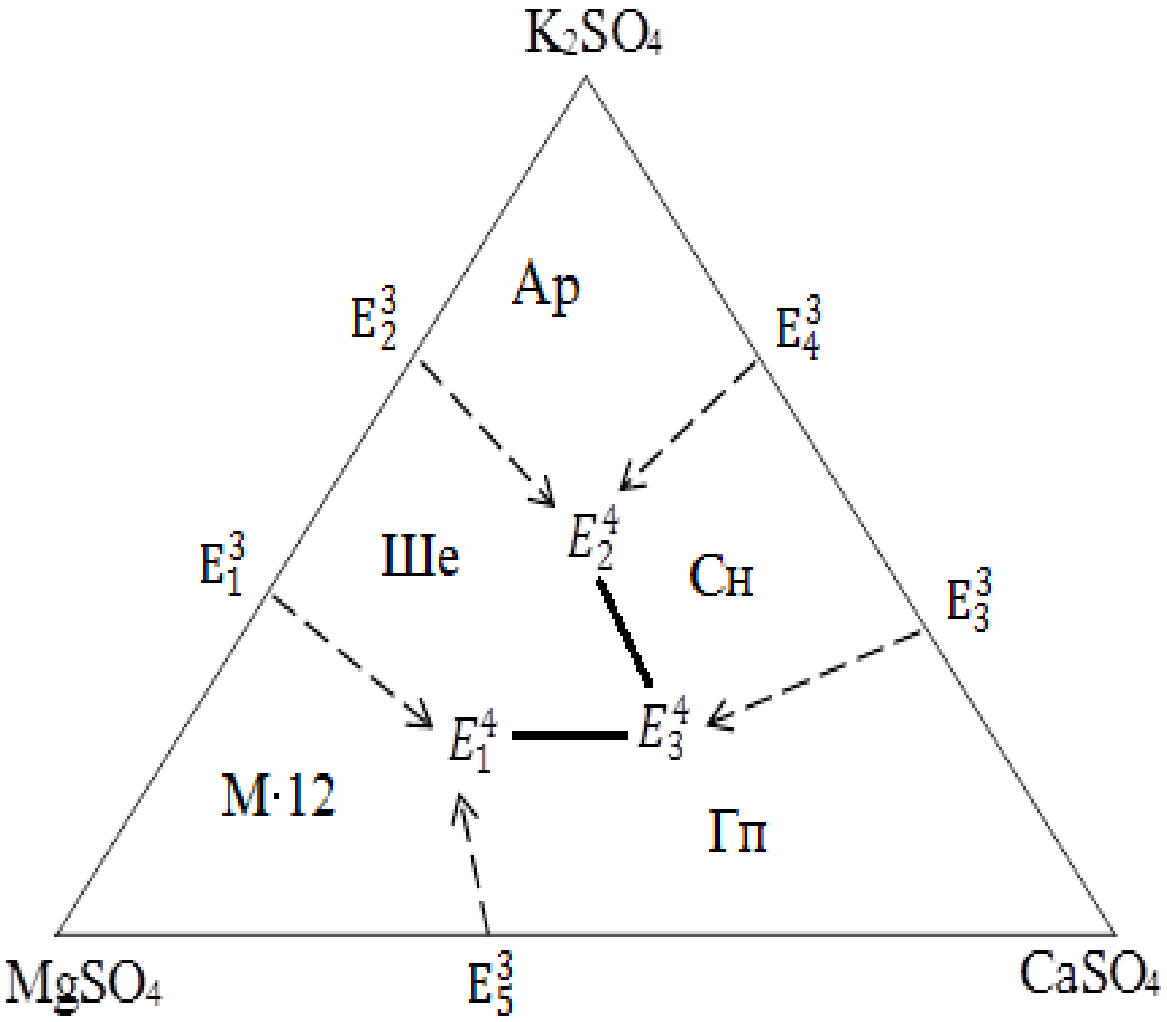


Расми 2.1. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO4H2O ба шакли пирамида барои ҳарорати 0 °C, дар сатҳи секомпонентагӣ

Дар асоси далелҳои ба даст омада дар расми 2.2. диаграммаи сарбастаи схемагии [81] мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4–H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи чоркомпонентагӣ сохта шудааст. “Тавре ки аз сохтори диаграмма бармеояд, аз 7 хатти нонвариантие, ки ҳудуди майдонҳои ҳалшавии фазаҳои сахтро муайян мекунанд, қисми онҳо дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба вуҷуд омадаанд. Ин хатҳо дар диаграмма бо хатҳои пунктирӣ (фосиладор) нишон дода шуда, таркиби фазавии онҳо ба маҷмӯи фазаҳои сахте мувофиқат мекунад, ки дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ дар ҳолати мувозинат қарор доранд” [82, с. 423]. Илова бар ин, ду хатти дигаре, ки хусусияти моновариантӣ дошта, байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ мегузаранд, бо мавҷудияти фазаҳои сахти мувозинатии зерин тавсиф мешаванд:

$$E_1^4 \frac{Гп + Ше}{} E_3^4; \qquad E_2^4 \frac{Ше + Сн}{} E_3^4.$$

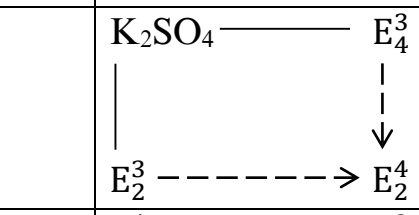
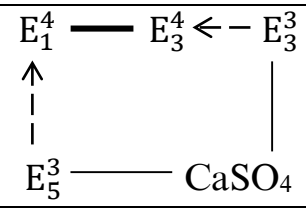
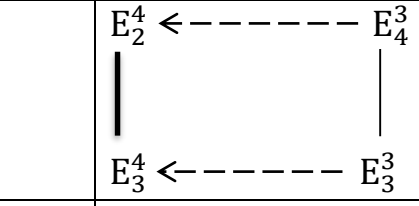
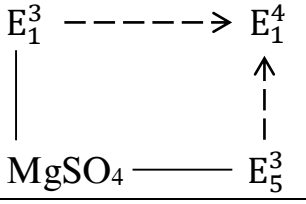
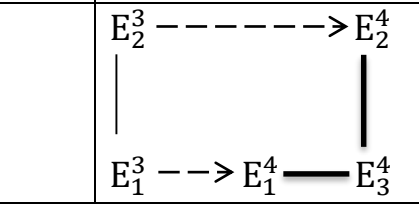
Ин хатҳо дар диаграмма бо хатҳои ғавси бефосила (яклухт) нишон дода шудаанд. Дар системаи секомпонентаи $MgSO_4$ – $CaSO_4$ – H_2O барои ҳарорати додашуда байни намакҳои $MgSO_4$ ва $CaSO_4$ боҳамтаъсиркуни дида намешавад. Дар системаҳои секомпонентаи $MgSO_4$ – K_2SO_4 – H_2O ва K_2SO_4 – $CaSO_4$ – H_2O байни қисмҳои таркибии онҳо бо ҳамтаъсиркуни дида мешавад, ки боиси ҳосилшавии намакҳои шенит ва сингенит мегардад.



Расми 2.2. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4 – H_2O дар ҳарорати 0 °C, дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Фрагментатсияи майдонҳои диаграммаи мувозинатҳои фазавӣ, ки бо истифода аз усули транслятсия дар ҳарорати 0 °C сохта шудааст, сарҳадҳои майдонҳои дивариантиро ба таври зайл инъикос менамояд (ҷадвали 2.2).

Ҷадвали 2.2. – Фрагментатсияи ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 0 °C

Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дувариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.2.)	Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дувариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.2.)
Ар		Гп	
Сн		М·12	
Ше			

«Натиҷаҳои омӯзиши мувозинатҳои фазагии системаи мазкур барои ҳарорати 0 °C бо усули транслятсия дар маҷалаҳои илмӣ ва конференсияҳо мавриди муҳокима қарор дода шудаанд» [82, с. 418 – 424; 83, с. 179 – 182; 84, с. 108 – 111].

2.2. Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O

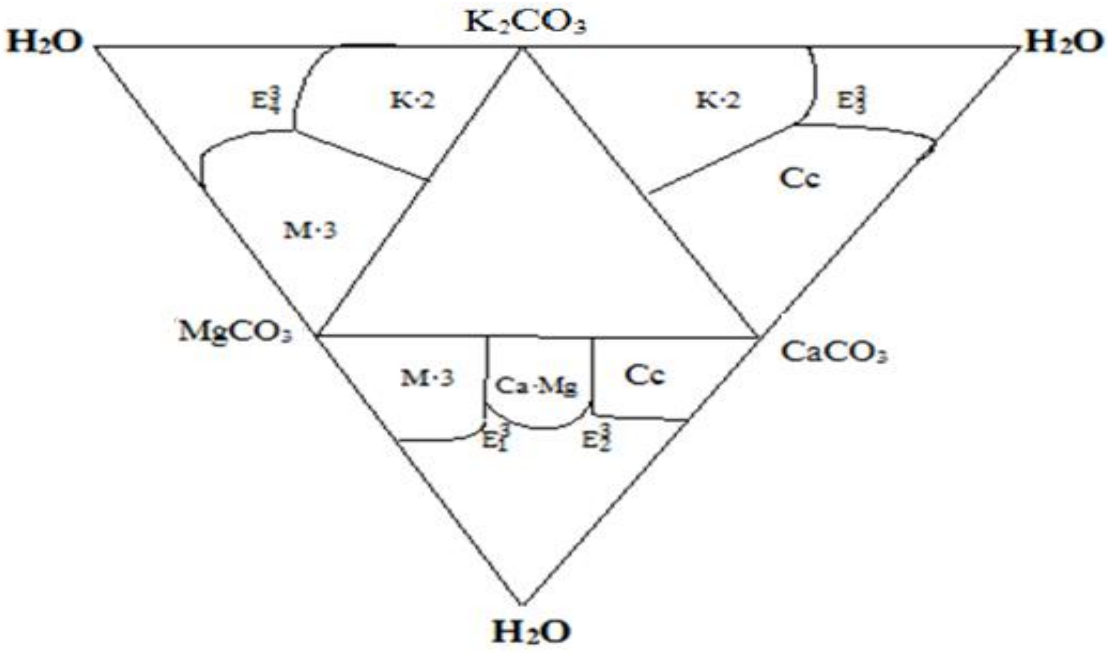
Системаи чоркомпонентаи карбонатҳои калий, калтсий, магний аз чунин системаҳои секомпонента иборат аст: Ca,Mg//CO_3-H_2O, K,Ca//CO_3-H_2O ва K,Mg//CO_3-H_2O. Мувозинати фазагӣ дар ин система бо усули ҳалшавандагӣ қисман омухта шудааст [78,79]. Барои муайян сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C мо аз усули нави омӯзиши системаҳои химиявӣ, усули транслятсия истифода намудем. Бо истифода аз усули транслятсия сохтани диаграммаи системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O донистани мувозинатҳои фазагӣ дар шакли геометрии системаи секомпонентаи онро ташкилдиҳанда муҳим мебошад. Нуқтаҳои нонвариантӣ ва маҷмӯи

фазаҳои сахти мувозинатбудаи система дар сатҳи секомпонентагӣ аз кори [78] гирифта шуда, дар ҷадвали 2.3 пешниҳод гардидаанд.

Бар пояи маълумоти ҷадвали 2.3 “диаграммаи мувозинатҳои фазавии системаи K, Mg, Ca // CO_3 – H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ, тибқи кори [81], дар шакли призмаи кушода тарҳрезӣ ва сохта шудааст” [81, с. 1308] (расми 2.3).

Ҷадвали 2.3. – Нуқтаҳои нонвариантии бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаи система K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Системаҳо	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
Ca,Mg//CO_3-H_2O	E_1^3 E_2^3	M·3+Mg·Ca Cc+Mg·Ca
K,Ca//CO_3-H_2O	E_3^3	Cc + K·2
K,Mg//CO_3-H_2O	E_4^3	K·2+ M·3



Расми 2.3. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C, дар сатҳи секомпонентагӣ

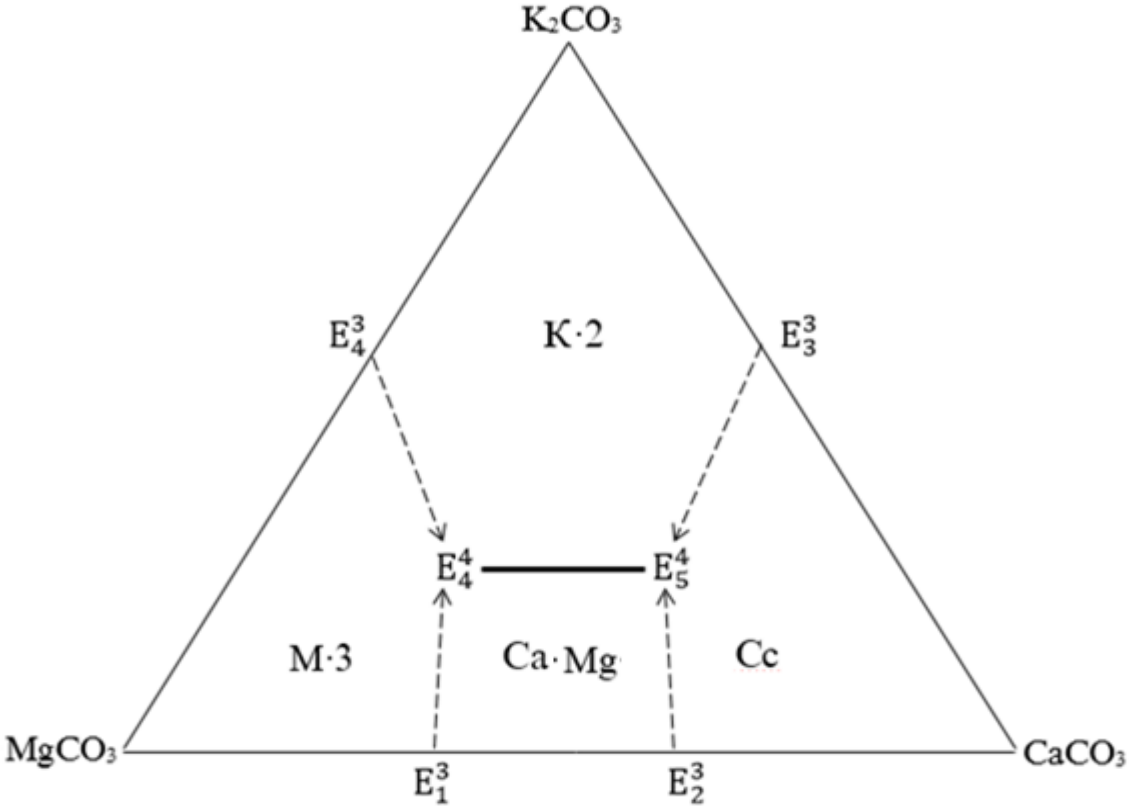
Барои сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазагии ин система дар ҳамин ҳарорат мо аз усули транслятсия истифода кардем [85]. Дар ҳарорати 0 °C, ҳангоми транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи

секомпонента ба сатҳи чоркомпонента, нуқтаҳои нонвариантии зерин барои сатҳи чоркомпонента ҳосил мегарданд:

$E_1^3 + E_4^3 \dashrightarrow E_4^4$= М·3 +К·2+ Mg·Ca;

$E_2^3 + E_3^3 \dashrightarrow E_5^4$= К·2+Mg·Ca+ Cc.

Дар асоси диаграммаи пирамидаи кушода (расми 2.3) ҳангоми гузариши нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента, диаграммаи сарбастаи мувозинатҳои фазагии системаи K, Mg, Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C, дар сатҳи чоркомпонентагӣ сохта шуд (расми 2.4.).



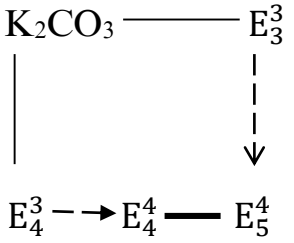
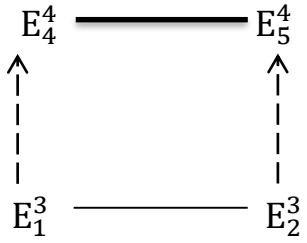
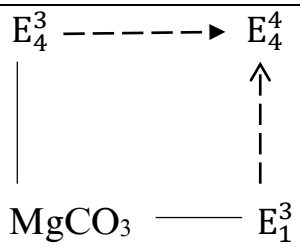
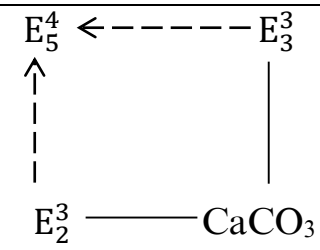
Расми 2.4. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C

Чунонки аз сохтори диаграмма бармеояд, панҷ хатти моновариантӣ мавҷуд аст, ки майдонҳои ҳалшавандагии фазаҳои сахти $CaCO_3$ – калтсит (Cc), K_2CO_3·1,5 – (К·1,5), $CaCO_3$·$MgCO_3$ – доломит (Ca·Mg) ва $MgCO_3$·3H_2O – магнезит (Mg·3) – ро маҳдуд мекунанд. Аз инҳо, чор хат ҳамчун натиҷаи интиқоли нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента ташаккул ёфта, дар диаграмма бо истифода аз хатҳои

пунктирӣ инъикос гардидаанд. Ҳамзамон, яке аз хатҳои моновариантӣ байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента мегузарад ва бо хати ғафси сиёҳ нишон дода шудааст.

Фрагментатсияи диаграммаи мувозинатҳои фазагӣ, ки бо усули транслятсия дар ҳарорати 0 °С сохта шудааст, сарҳадҳои зерини майдонҳои дивариантиро муайян мекунад (ҷадвали 2.4).

Ҷадвали 2.4. – **Фрагментатсияи ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C**

Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дивариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.4.)	Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дивариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.4.)
K·2		Ca·Mg	
M·3		Cc	

2.3. Системаи чоркомпонентаи K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O

Системаи чоркомпонентаи тадқиқшавандаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O аз системаҳои секомпонентаи K//SO_4,CO_3-H_2O, K,Mg//SO_4-H_2O, Mg//SO_4,CO_3-H_2O ва K,Mg//CO_3-H_2O ташкил ёфтааст, ки аз онҳо K//SO_4,CO_3-H_2O ва K,Mg//SO_4-H_2O бо усули ҳалшавандагӣ [77-79] хуб омӯхта шудаанд. Таҳлили адабиёт нишон доданд, ки системаи Mg//SO_4,CO_3-H_2O ва K,Mg//CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C омухта нашудааст, бинобар ин барои ин

системаҳо яктоги нуқтаи эфтоникӣ хос мебошанд. Барои системаи чоркомпонентаи мазкур дар сатҳи секомпонентагӣ дар маҷмӯъ чунин нуқтаҳои нонвариантӣ, бо фазаҳои сахти дар мувозинат буда хос ҳастанд (ҷадвали 2.5.).

Ҷадвали 2.5. – Нуқтаҳои нонвариантии бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаи система К,Mg //SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °С дар сатҳи секомпонентагӣ

Системаҳо	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
K//SO_4,CO_3-H_2O	E_1^3	Ар+К·2
Mg//SO_4,CO_3-H_2O	E_2^3	М·12+ М·3
K,Mg//SO_4-H_2O	E_3^3 E_4^3	Ар+Ше Ше+М·12
K,Mg//CO_3-H_2O	E_5^3	К·2+М·3

Бо истифода аз маълумоти ҷадвали 2.5 диаграммаи мувозинатҳои фазавии системаи K, Mg // SO_4, CO_3 – H_2O барои ҳарорати 0 °С дар сатҳи секомпонентагӣ таҳия карда шуд. Ин диаграмма дар шакли призмаи кушода тарҳрезӣ гардида, дар расми 2.5 пешниҳод шудааст.

Дар ҳарорати 0 °С транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента боиси пайдо шудани нуқтаҳои нонвариантии зерин дар сатҳи чоркомпонента мегардад:

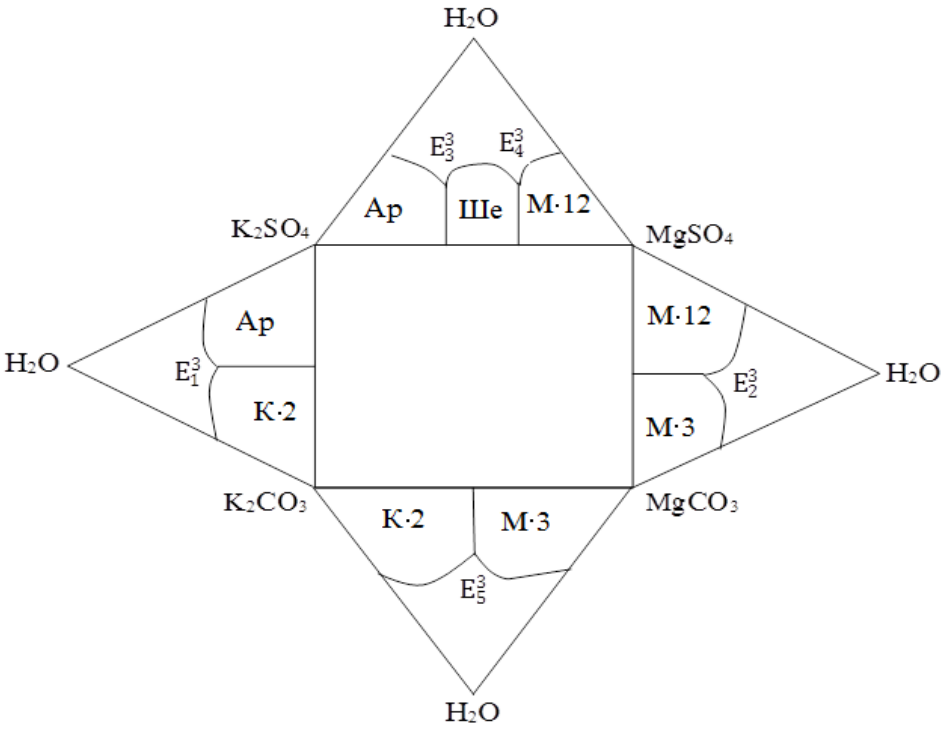
$$E_5^3 + \text{Ше} \dashrightarrow E_6^4 = \text{Ше} + \text{К}\cdot 2 + \text{М}\cdot 3;$$

$$E_1^3 + E_3^3 \dashrightarrow E_7^4 = \text{Ар} + \text{Ше} + \text{К}\cdot 2;$$

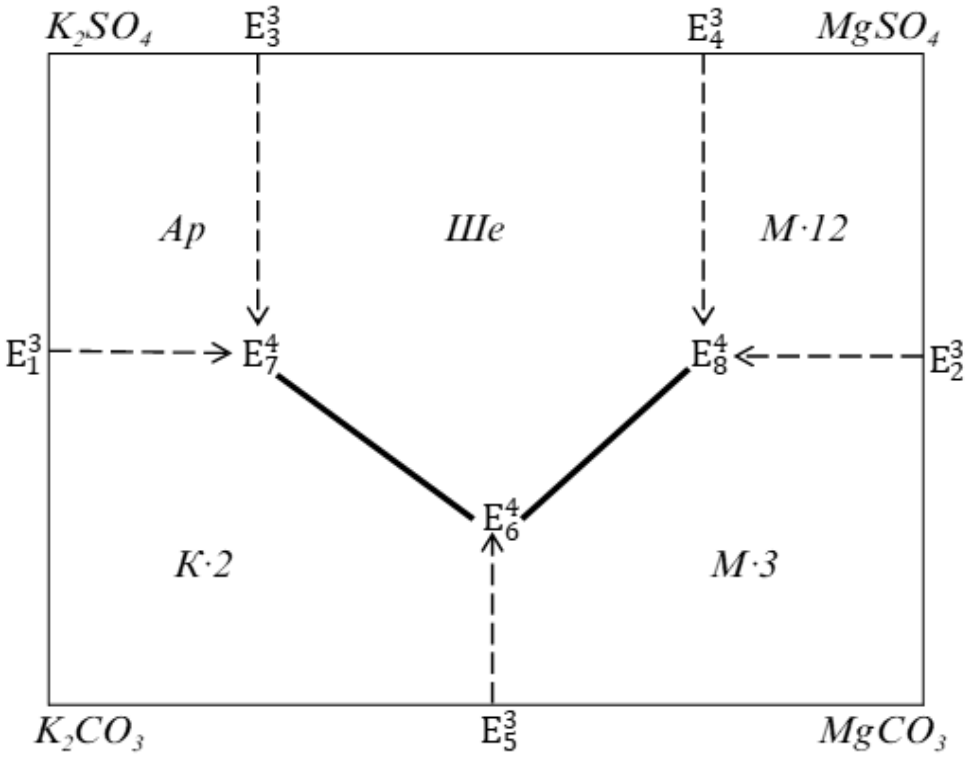
$$E_2^3 + E_4^3 \dashrightarrow E_8^4 = \text{Ше} + \text{М}\cdot 12 + \text{М}\cdot 3.$$

Чи хеле, ки аз ифодаи математикӣ дида мешавад аз 3 нуқтаи нонвариантӣ ду – тоаш дар натиҷаи транслятсияи дутарафа (E_7^4 ва E_8^4) ва як – тоаш дар натиҷаи транслятсияи яктарафа (E_6^4) ҳосил шудаанд [84]. Дар асоси ин натиҷаҳо, “диаграммаи сарбастаи мувозинатҳои фазавии системаи K, Mg // SO_4, CO_3 – H_2O барои ҳарорати 0 °С дар сатҳи

чоркомпонентагӣ бо истифода аз усули транслятсия сохта шуд” [88, с. 232] (расми 2.6).



Расми 2.5. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ



Расми 2.6. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C, дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Чи тавре, ки аз расми 2.6. дида мешавад, диаграммаи сохташуда дар ҳарорати 0 °С дорои 3 нуқтаи нонвариантӣ, 7 хатти моновариантӣ ва 5 майдони дувариантӣ мебошад. Нуқтаҳои нонвариантие, ки дар асоси интиқоли дитарафа ҳосил шудаанд, дар мувозинат будани се фазаро бо маҳлулҳои серашон ифода мекунанд. Майдонҳои дивариантӣ бошанд, дар мувозинат будани як фазаро бо маҳлули сераш ифода мекунанд. Хатҳои моновариантие, ки дар диаграмма бо шакли пунктирӣ ифода шудаанд, дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба вуҷуд омадаанд. Самти транслятсияи ин нуқтаҳо аз сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента бо тирчаҳо нишон дода шудааст, ки равиши ташаккули фазаҳои нави мувозинатиро инъикос менамоянд. “Хатҳои ғафси яклухт бошанд, байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента гузашта, онҳоро бо ҳам мепайванданд, ки дар мувозинат будани чунин фазаҳоро нишон медиҳанд” [88, с. 233]:

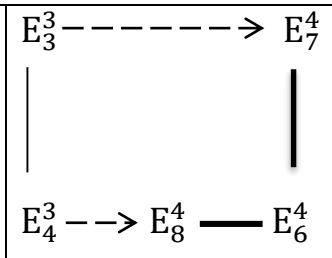
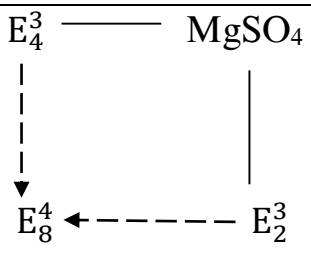
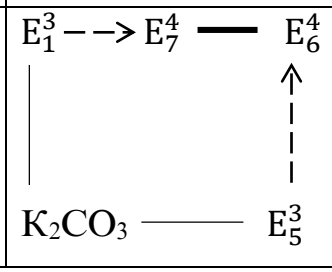
E_7^4 ——— E_6^4= Ше+К·2; E_6^4 ——— E_8^4= Ше+М·3.

Ҳудудҳои майдонҳои дивариантии кристаллизатсия фазаҳои сахти алоҳидаи системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҷадвали 2.6 нишон дода шудаанд.

Ҷадвали 2.6. – **Фрагментатсияи ҳудудҳои майдонҳои дувариантии системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °С**

Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дувариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.6.)	Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дувариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.6.)
Ар	K_2SO_4 ——— E_3^3 | ↑ ⋮ E_1^3 – – – – – → E_7^4	М·3	E_8^4 ←– – – – E_2^3 | | E_6^4 ←– E_5^3 — $MgCO_3$

Идомаи ҷадвали 2.6.

Ше		М·12	
К·2			

Чуноне, ки аз диаграммаи мувозинати фазагии системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дида мешавад (расми 2.6.), майдони кристаллизатсияи шенит (Ше) бо тамоми дигар майдонҳо ҳамсарҳад мебошад. Ин маънои онро дорад, ки майдони кристаллизатсияи Ше (шенит) дар шароити додашуда қисми зиёди системаро дар ҳарорати 0 °C ишғол намуда далели нисбатан камҳалшаванда будани он аст.

Сохтори системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C бо усули транслятсия сохта шуда дар маҷалаҳои илмӣ ва конференсияҳо мавриди муҳокима қарор дода шудаанд [86 – 87].

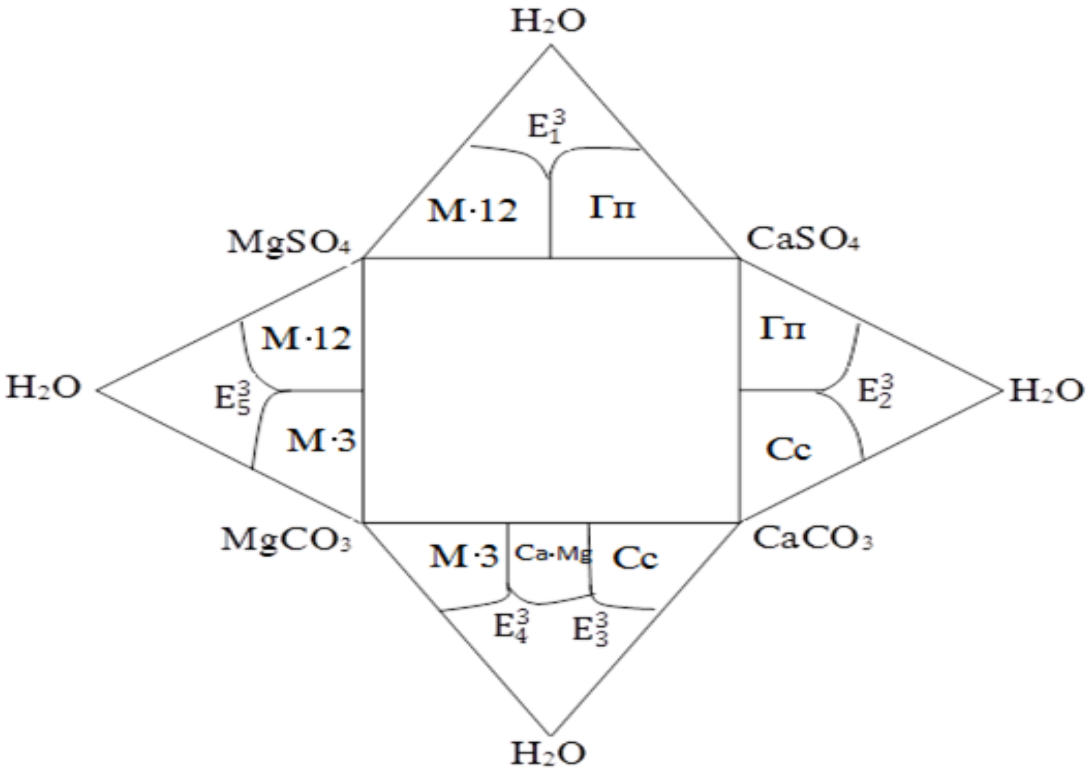
2.4. Системаи чоркомпонентаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O

Системаи чоркомпонентаи тадқиқшаванда “аз системаҳои секомпонентаи: Ca,Mg//SO_4-H_2O, Ca,Mg//CO_3-H_2O, Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва Mg//SO_4,CO_3-H_2O ташкил ёфтааст, ки аз онҳо ду система бо усули ҳалшавандагӣ хуб омӯхта шудаанд” [79, с. 1054]. Таҳлили адабиётҳо нишон доданд, ки системаи Mg//SO_4,CO_3-H_2O, Ca,Mg//SO_4-H_2O дар ҳарорати 0 °C омухта нашудааст , бинобар ин барои ин системаҳо яктогӣ нуқтаи эфтоникӣ хос мебошад. Барои системаи чоркомпонентаи мазкур дар сатҳи секомпонентагӣ дар маҷмӯъ чунин нуқтаҳои нонвариантӣ, бо фазаҳои сахти дар мувозинат буда хос аст (ҷадвали 2.7.).

Ҷадвали 2.7. – Нуқтаҳои нонвариантӣ бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаи система $Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O$ барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Системаҳо	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
$Ca,Mg//SO_4-H_2O$	E_1^3	М·12+Гп
$Ca//SO_4,CO_3-H_2O$	E_2^3	Гп + Сс
$Ca,Mg//CO_3-H_2O$	E_3^3 E_4^3	Са·Mg+ Сс Са·Mg + М·3
$Mg//SO_4,CO_3-H_2O$	E_5^3	М·12+ М·3

Бо такя ба маълумоти ҷадвали 2.7, диаграммаи мувозинатҳои фазавии системаи $Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O$ барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ дар шакли призмаи кушода таҳия карда шудааст (расми 2.7). Тавре аз диаграмма бармеояд, барои ин система дар сатҳи секомпонентагӣ мавҷудияти 5 нуқтаи нонвариантӣ хос мебошад.



Расми 2.7. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O$ барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Ҳангоми кучиши нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ, нуқтаҳои нонвариантии ин сатҳро, бо чунин фазаҳои сахти дар мувозинатбудаашон, ҳосил мекунанд:

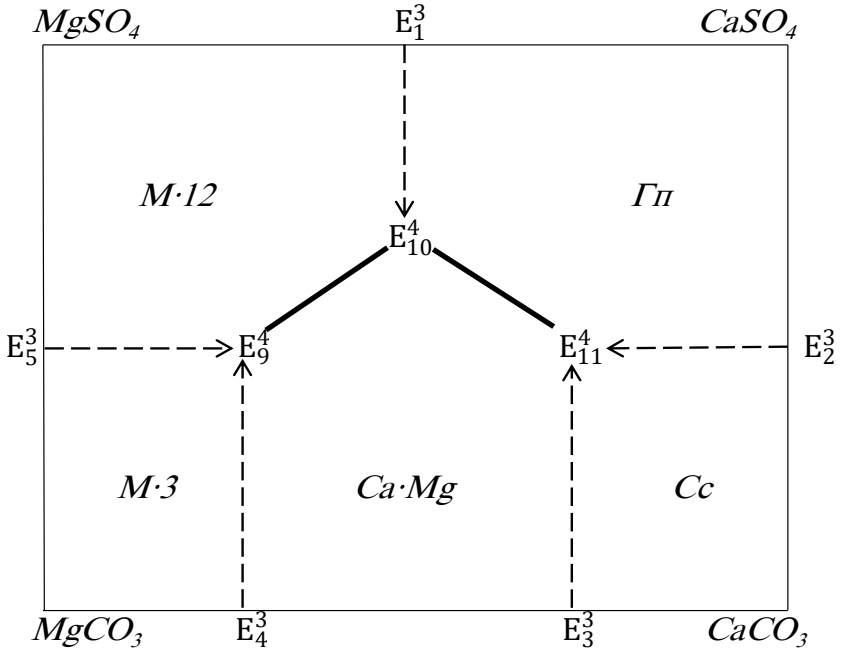
$E_4^3 + E_5^3 \longrightarrow E_9^4 =$ M·12+ Ca·Mg +M·3;

$E_1^3 +$ Ca·Mg$\longrightarrow E_{10}^4 =$Гп+ M·12+ Ca·Mg;

$E_2^3 + E_3^3 \longrightarrow E_{11}^4 =$ Гп+Cc+ Ca·Mg.

Ҳамин тавр, дар натиҷаи интиқоли нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента се нуқтаи нонвариантии ин сатҳи компонентнок ҳосил мешавад, ки аз онҳо ду- тоашон дар натиҷаи транслятсияи дутарафа (E_9^4 ва E_{11}^4) ва як -тоашон дар натиҷаи транслятсия яктарафа (E_{10}^4) ҳосил шудаанд.

“Дар асоси далелҳои ба даст овардашуда, диаграммаи схемагии мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O, барои ҳарорати 0 °C, сохта шудааст” [125, с. 15] (расми 2.8.). Дар расм ҳамаи элементҳои геометрии барои системаи чоркомпонентаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C хос буда (нуқтаҳои нонвариантӣ, хатҳои моновариантӣ, майдонҳои дивариантӣ) ва чӣ тавр нисбати якдигар ҷойгир будани онҳо нишон дода шудааст.



Расми 2.8. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Тавре ки аз расми 2.8 бармеояд, диаграммаи таҳияшуда дар ҳарорати 0 °С дорои 3 нуқтаи нонвариантӣ, 7 хатти моновариантӣ ва 5 майдони дивариантии мувофиқ ба фазаҳои сахти Гп, Сс, М·12, М·3 ва Са·Mg мебошад.

Нуқтаҳои нонвариантии E_9^4 ва E_{11}^4 дар натиҷаи транслятсияи дутарафа ба вуҷуд омадаанд, дар ҳоле ки нуқтаи нонвариантии E_{10}^4 ҳамчун натиҷаи транслятсияи яктарафа ба вуҷуд омадааст. Ин нуқтаҳои нонвариантӣ ҳолати мувозинати се фазаи сахтро бо маҳлули сершудаи худ ифода менамоянд ва барои тавсифи устувории фазаҳо дар системаи чоркомпонента аҳамияти калон доранд. Майдонҳои дивариантӣ бошанд, дар мувозинат будани як фазаро бо маҳлули серашон ифода мекунанд. Хатҳои моновариантие, ки бо шакли пунктирӣ ифода гардидаанд, самти транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентаро ба сатҳи чоркомпонента ифода мекунанд. Хатти ғафси яклухт бошад, байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента гузашта, онҳоро бо ҳам мепайвандад, ки дар мувозинат будани чунин фазаҳоро нишон медиҳанд:

E_9^4 ——— E_{10}^4= М·12+ Са·Mg; E_{10}^4 ——— E_{11}^4= Гп+ Са·Mg.

Ҳудудҳои майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои сахти системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °С дар диаграммаи мутобиқ (расми 2.8) инъикос гардида, маълумоти муфассали вобаста ба онҳо дар ҷадвали 2.8 ҷамъбаст шудааст.

Чунон, ки сохтори диаграмма нишон медиҳад (расми 2.8), майдон кристаллизатсияи доломит (Са·Mg) ба ҳама майдонҳои дигар ҳамсарҳад мебошад. Он нишон медихад, ки ин фаза бад ҳалшаванда буда қисми зиёди системаро дар ҳарорати 0 °С ишғол мекунад.

Сохтори системаи химиявии Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0°С бо усули транслятсия сохта шуда дар маҷаллаҳои илмӣ ва конференсияҳо муҳокима шудаанд [88].

Ҷадвали 2.8. – Фрагментатсияи ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C

Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дивариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.8.)	Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дивариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.8.)
M·3	E_5^3 – – – – – → E_9^4 $MgCO_3$ ——— E_4^3	Гп	E_1^3 ——— $CaSO_4$ E_{10}^4 ——— ←·– E_{11}^4 E_{10}^4
Mg·Ca	E_3^3 – – – – – → E_{11}^4 E_4^3 – – → ——— E_9^4 E_{10}^4	Cc	E_{11}^4 ← – – – – E_2^3 E_3^3 ——— $CaCO_3$
M·12	$MgSO_4$ ——— E_1^3 E_5^3 – – → ——— E_9^4 E_{10}^4		

2.5. Системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O

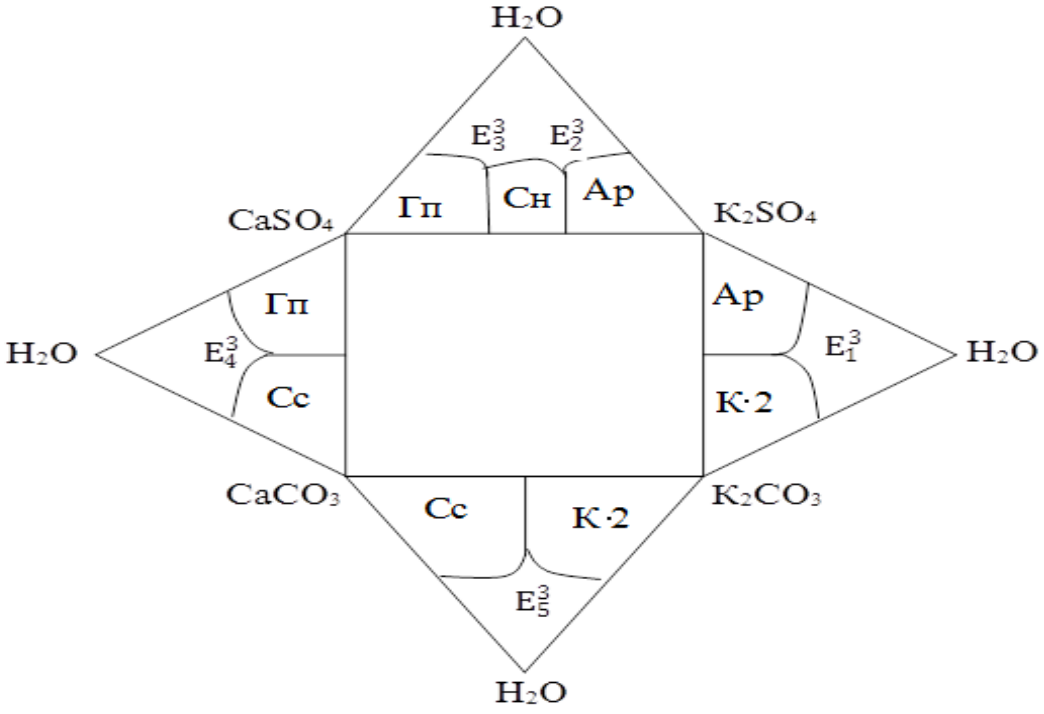
Дар ин зербоб натиҷаҳои пешбини намудани мувозинатҳои фазагии ситемаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O-ро бо усули транслятсия мавриди омӯзиш қарор медиҳем. Системаи химиявии чоркомпонентаи мазкур аз чунин системаҳои секомпонента иборат аст: K//SO_4,CO_3-H_2O,

K,Ca//SO_4-H_2O, Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва K,Ca//CO_3-H_2O. Мувозинатҳои фазагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии онҳо аз [78, с. 807] гирифта шуда дар ҷадвали 2.9. гирд оварда шудааст.

Барои муайян намудани мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва сохтани диаграммаи схемагии он дар ҳарорати 0 °C, аз далелҳои мувозинатҳои фазагии нуқтаҳои нонвариантии системаҳои секомпонентаи онро ташкилдиҳанда, ки дар ҷадвали 2.9. ҷамъ оварда шудааст, истифода намудем.

Ҷадвали 2.9. – Нуқтаҳои нонвариантӣ бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаи системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Системаҳо	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
K//SO_4,CO_3-H_2O	E_1^3	Ар+К·2
K,Ca//SO_4-H_2O	E_2^3 E_3^3	Ар+Сн Сн+Гп
Ca//SO_4,CO_3-H_2O	E_4^3	Гп+Сс
K,Ca//CO_3-H_2O	E_5^3	К·2+Сс



Расми 2.9. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Дар расми 2.9 диаграммаи мувозинатҳои фазавии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C дар сатҳи секомпонентагӣ дар шакли призмаи кушода пешниҳод гардидааст, ки он бар асоси маълумоти ҷадвали 2.9 таҳия шудааст.

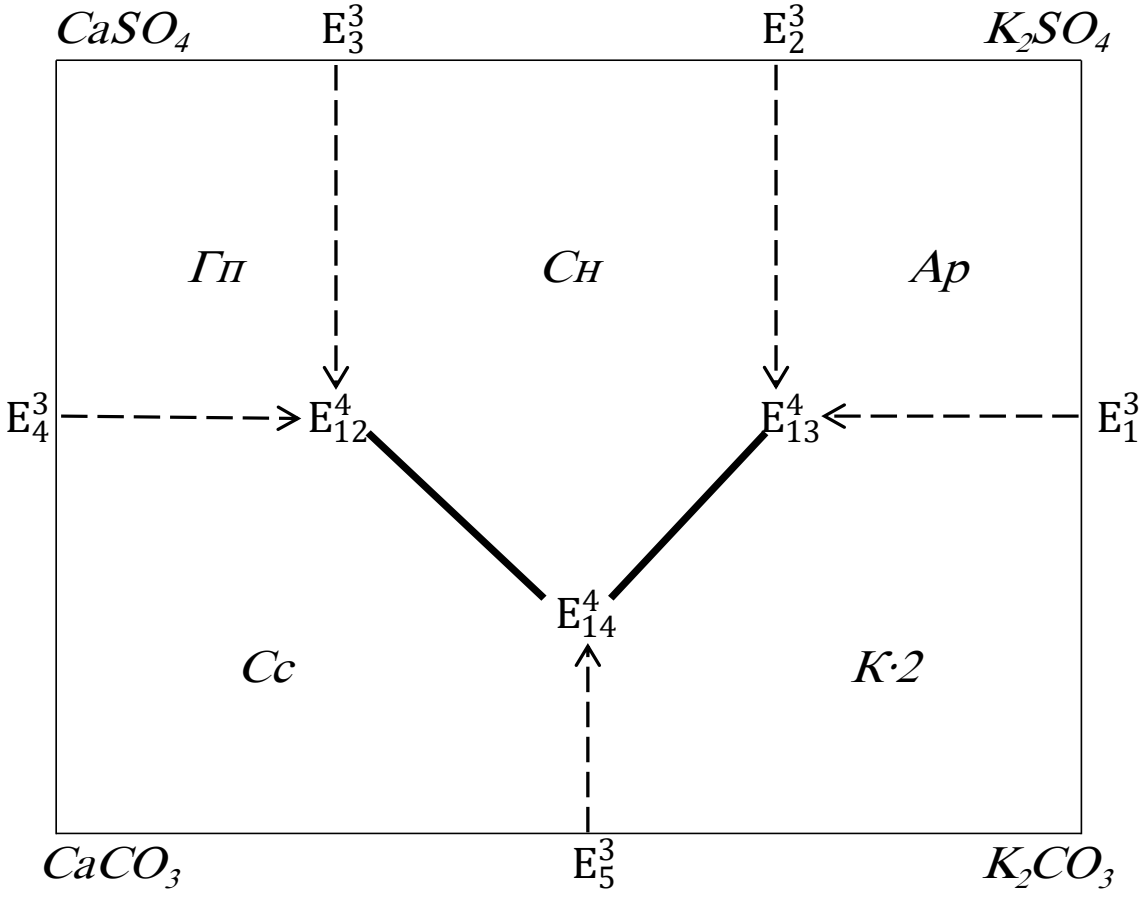
Ҳангоми кучиш нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ, нуқтаҳои нонвариантии ин сатҳро, бо чунин фазаҳои сахти дар мувозинатбудаашон ҳосил мекунанд:

$E_3^3 + E_4^3 \dashrightarrow E_{12}^4$ = Гп+Сн +Сс;

$E_1^3 + E_2^3 \dashrightarrow E_{13}^4$ = Ар+Сн+ К·2;

$E_5^3 + Сн \dashrightarrow E_{14}^4$ =Сс+Сн+К·2.

Бо такя ба натиҷаҳои ҳосилшуда, диаграммаи схемавии мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °C дар сатҳи чоркомпонентагӣ тарҳрезӣ шуда, дар расми 2.10 инъикос ёфтааст.



Расми 2.10. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C, дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Ҳамин тавр, “дар натиҷаи транслятсияи (гузариши) нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента се нуқтаи нонвариантӣ дар ин сатҳ ҳосил мешавад, ки аз онҳо 2-тоашон дар натиҷаи транслятсияи дутарафа (E_{12}^4 ва E_{13}^4) ва яктоашон дар натиҷаи транслятсияи яктарафа (E_{14}^4) ҳосил шудаанд. Тавре ки аз тарҳи диаграмма бармеояд, аз 7 хатти моновариантие, ки ҳудуди майдонҳои ҳалшавии фазаҳои сахтро муайян мекунанд, 5-тои онҳо дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба вуҷуд омадаанд. Ин хатҳо дар диаграмма бо хатҳои пунктирӣ нишон дода шудаанд. 2 хатти моновариантии дигараш аз байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента гузашта бо хатҳои ғафси сиёҳ ишора шудаанд ва дар мувозинат будани чунин фазаҳои сахтро нишон медиҳад” [82, с. 423]:

E_{12}^4 ——— E_{14}^4 = Сн+Сс;

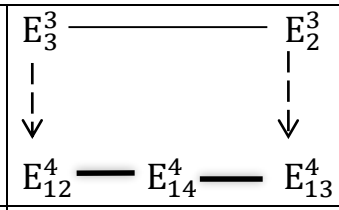
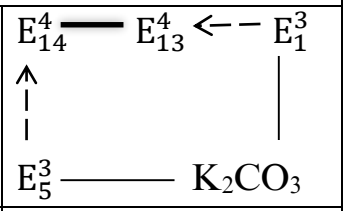
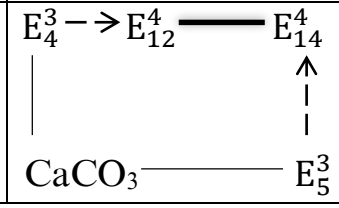
E_{13}^4 ——— E_{14}^4 = Сн+К·2.

Қонуниятҳои мувозинати фазагии системаи химиявии иборат аз сулфатҳо ва карбонатҳои калийву калсий барои сатҳи чоркомпонентагӣ дар конференсияи ҷумҳуриявӣ [82] баррасӣ шудааст.

Диаграммаи мувозинатҳои фазагӣ бо усули транслятсия сохташудаи системаи тадқиқшавандаи мазкур дар ҳарорати 0 °С, сарҳадҳои зерини майдонҳои дувариантиро нишон медиҳанд (ҷадвали 2.10.).

Ҷадвали 2.10. – Фрагментатсияи ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 °С

Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дувариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.10.)	Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дувариантӣ	Ҳудудҳои майдонҳо (расми 2.10.)
Гп	$CaSO_4$ ——— E_3^3 | ⇓ E_4^3 – – – → E_{12}^4	Ар	E_2^3 ——— K_2SO_4 ⇓ | E_{13}^4 ← – – – – – E_1^3

			Идомаи ҷадвали 2.10.
Сн		К·2	
Сс			

Чи тавре, ки сохтори диаграмма нишон медихад (расми 2.10.), майдон кристаллизатсияи сингенит (Сн) ба ҳама майдонҳои дигар ҳамсарҳад ва қисми зиёди системаро дар ҳарорати 0 °С ишғол мекунад ва аз камҳалшавандагии ин фаза шаҳодат медиҳад.

2.6. Системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O

“Системаи обӣ-намакии панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O ҳамчун қисми таркибии системаи мураккаби шашкомпонента аст, ки аз сулфатҳо ва карбонатҳои натрий, калий, магний ва калсий иборат мебошад” [90, с. 72]. “Қонуниятҳои мувозинатҳои фазавие, ки дар ин система ба амал меоянд, на танҳо аҳамияти назариявӣ доранд, балки барои ҳалли масъалаҳои амалии коркарди ашёи хоми минералии табиӣ ва партовҳои саноатӣ, ки дар таркибашон ин намакҳо мавҷуданд, низ дорои арзиши муҳим мебошанд. Усули асосии тадқиқи чунин системаҳои химиявӣ таҳлили физико-химиявӣ ба шумор меравад, ки имконият медиҳад хусусиятҳои ҳамтаъсиркунии қисмҳои таркибиро ошкор намуда, диаграммаҳои ҳолат ё мувозинатҳои фазавии онҳоро бунёд намоем” [1, с.113]. Маълумоти ҳосилшуда бо истифода аз усули транслятсия барои системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ ҷамъбаст гардида, дар ҷадвали 2.11 пешниҳод шудааст.

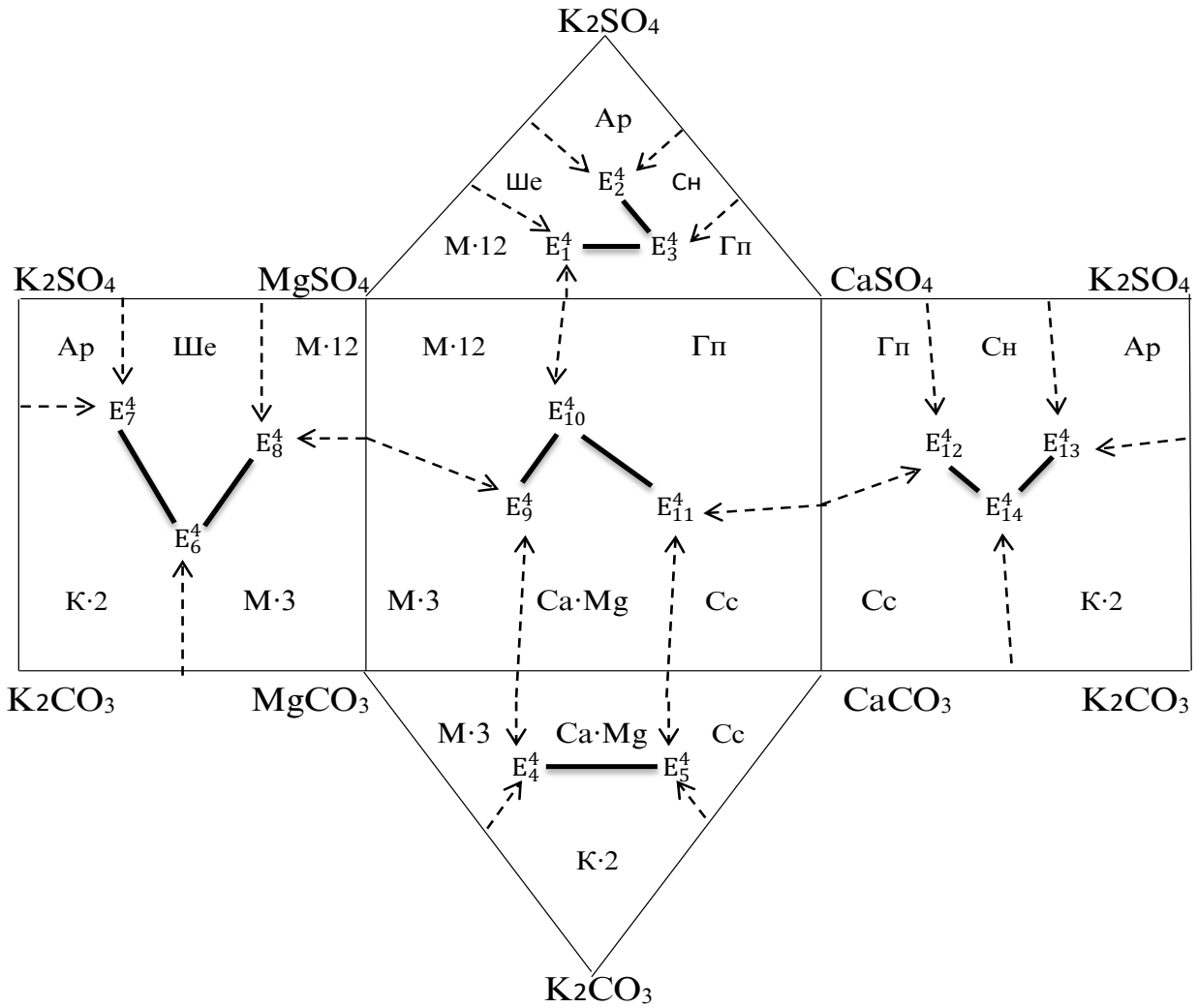
Ҳангоми омӯзиши системаҳои бисёркомпонента чи хеле, ки қайд кардем яке аз мушкилоти назаррас, ҷустуҷӯ ё интихоби усули сохтани диаграммаҳои ҳолати онҳо аст. Мутахассисони соҳа ин масъаларо бо

роҳҳои гуногун ҳал мекунанд. Мо барои ноил шудан ба ин мақсад аз усули транслятсия, ки усули маъмули омӯзиши системаҳои бисёркомпонента аст, истифода намудем. “Истифодаи усули транслятсия, барои омӯзиши мувозинатҳои фазагии системҳои химиявӣ, имконият фароҳам меоварад, ки диаграммаи схемагии онҳо сохта шаванд. Дар чунин диаграммаҳо мувозинатҳои фазагии элементҳои геометрии системаи омӯхташаванда, бо алоқамандӣ ба координаташон, инъикос ёфта метавонанд” [85, с. 47].

Ҷадвали 2.11. – Мувозинатҳои фазагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента барои ҳарорати 0°С

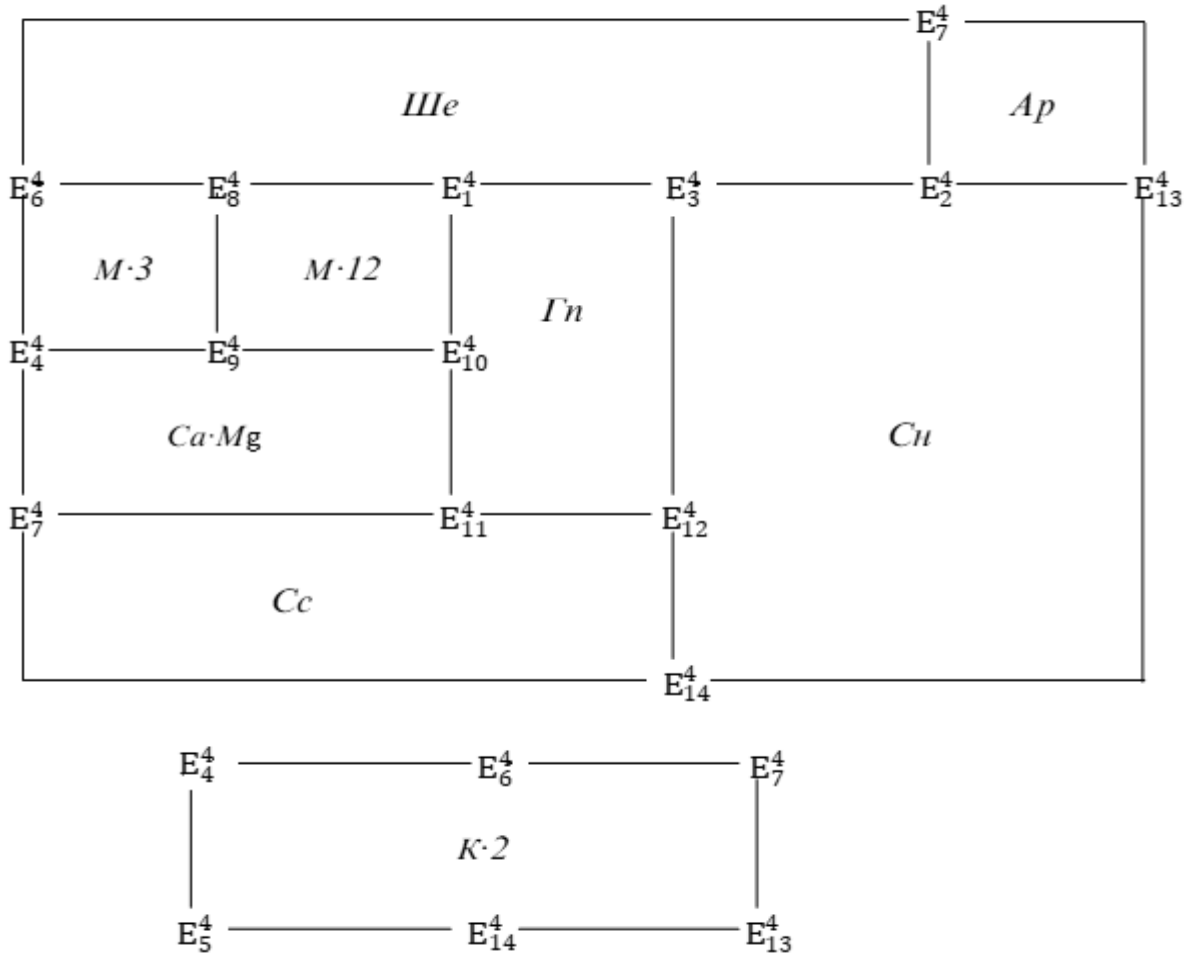
Нуқтаҳои нонвариантӣ	Система	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
E_1^4	K,Mg,Ca//SO_4-H_2O	М·12+Гп+Ше
E_2^4		Ар+Ше+Сн
E_3^4		Сн+Ше+Гп
E_4^4	K,Mg,Ca//CO_3-H_2O	М·3+Са·Mg+К·2
E_5^4		Са·Mg+К·2+Сс
E_6^4	K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O	Ше+М·3+К·2
E_7^4		Ар+Ше+К·2
E_8^4		Ше+М·3+М·12
E_9^4	Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O	М·3+М·12+Са·Mg
E_{10}^4		М·12+Са·Mg+Гп
E_{11}^4		Са·Mg +Гп + Сс
E_{12}^4	K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O	Сс +Сн +Гп
E_{13}^4		Сн+Ар+К·2
E_{14}^4		Сн+Сс↗К·2

“Дар асоси далелҳои дар ҷадвали 2.11. овардашуда, диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи тадқиқшаванда дар сатҳи чоркомпонентагӣ, ки қисми намакии он дар расми 2.11 ба намуди призмаи кушодаи панҷрӯя, нишон дода шудааст, сохта шудааст” [90, с. 72 - 79].



Расми 2.11. – Диаграмаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C, дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Баъди мутаҳид намудани майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои сахти якхелаи системаҳои чоркомпонентагии гуногуни ин системаи панҷкомпонентаро ташкилдиҳанда, диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи химиявии панҷкомпонентаи тадқиқшавандаро дар сатҳи чоркомпонентагӣ сохтем, ки дар расми 2.12. оварда шудааст. Бо ин тарз сохта шудани диаграммаи мувозинатҳои фазагии сатҳи чоркомпонентагӣ, ҳамчун асос барои сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазагии система дар сатҳи панҷкомпонентагӣ истифода карда мешавад.



Расми 2.12. – Диаграмаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои ҳарорати 0 °C

“Ҳангоми интиқоли нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента ба сатҳи панҷкомпонентагӣ чунин нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонента ҳосил мешаванд” [90, с. 78]:

$E_1^4 + E_{10}^4 \dashrightarrow E_1^5$ = Ше +М·12+ Гп+ +Са·Mg;

$E_2^4 + E_7^4 + E_{13}^4 \dashrightarrow E_2^5$= Ар +Ше +Сн+К·2;

$E_3^4 + E_{12}^4 \dashrightarrow E_3^5$= Сн+Ше+Гп+Сс;

$E_4^4 + E_6^4 \dashrightarrow E_4^5$= М·3+Са·Mg +К·2+Ше;

$E_5^4 + E_{11}^4 \dashrightarrow E_5^5$= Са·Mg+ К·2+Сс+ Гп;

$E_8^4 + E_9^4 \dashrightarrow E_6^5$= Ше +М·12+М·3+Са·Mg;

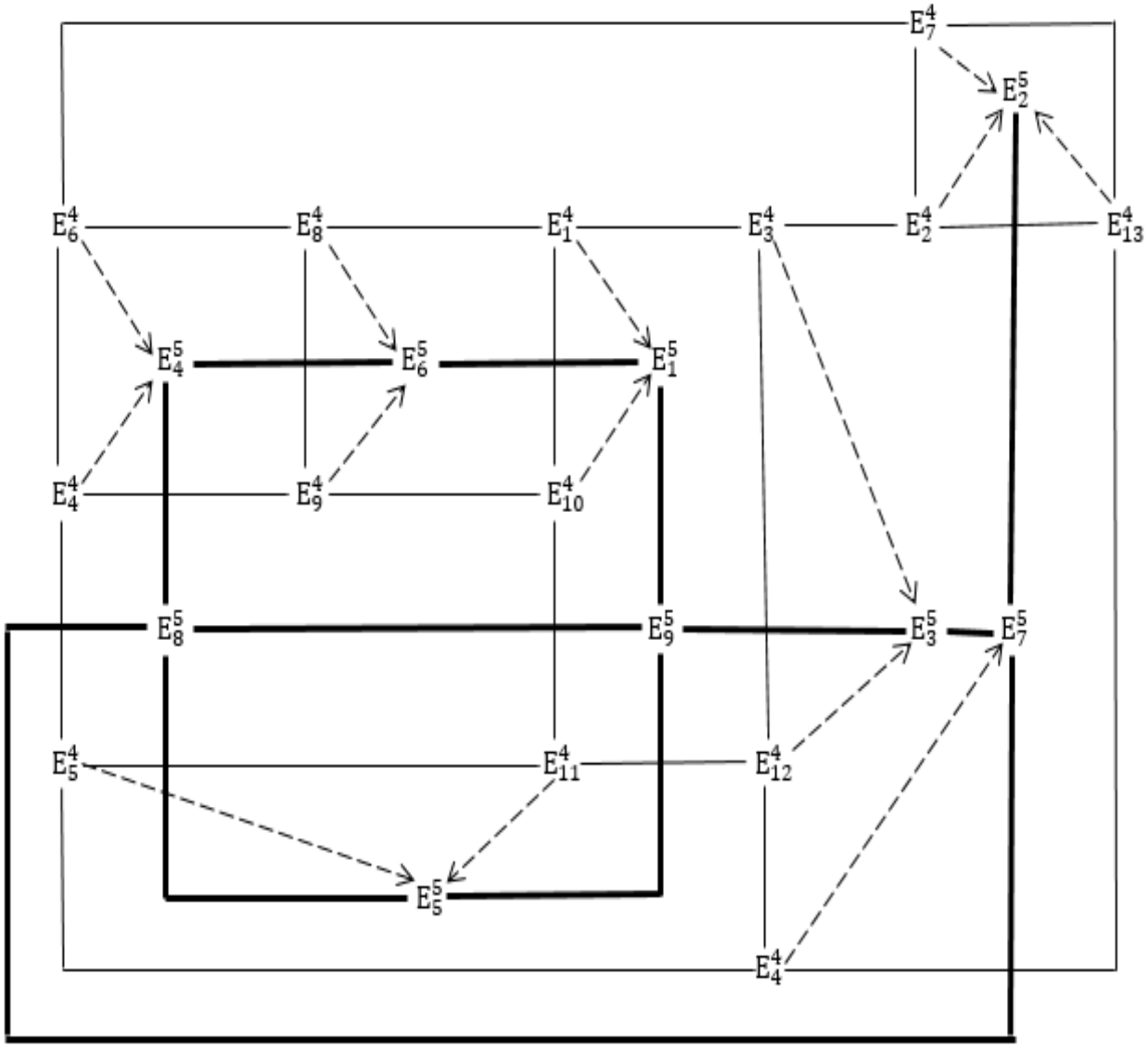
E_{14}^4+Ше $\dashrightarrow E_7^5$= Сн + Сс+ К·2+Ше;

E_8^5 = Ше +К·2+Са·Mg +Сс;

E_9^5 = Гп +Ше+Са·Mg+Сс;

Дар асоси далелҳои ба даст омада дар расми 2.13. бори аввал диаграммаи схемагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 ^oC, дар сатҳи панҷкомпонентагӣ маротибаи аввал сохта шудааст [81].

“Чи тавре, ки мебинем барои системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 ^oC 9 нуқтаи нонвариантӣ сатҳи панҷкомплнента хос мебошад. Аз инҳо 1-тоаш бо усули транслятсияи яктарафа (E_7^5), 5- тоаш ($E_1^5, E_3^5, E_4^5, E_5^5, E_6^5$) бо усули транслятсияи дутарафа, 1- тоаш (E_2^5) бо усули транслятсияи сетарафа ва 2- тоаш (E_8^5 -E_9^5) бо тарзи транслятсияи мобайнии сатҳи панҷкомпонента ҳосил шудаанд” [90, с. 78].



Расми 2.13. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар сатҳи панҷкомпонентагӣ, барои ҳарорати 0 ^oC

Дар диаграммаи сохташуда, ки дар расми 2.13. оварда шудаст, хатҳои моноварианті̄ бо се тарз ифода гардидаанд. “Хатҳои борики яклухт, ки байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента мегузаранд, дар мувозинат будани ду фазаи сахтро бо маҳлули сери худ ифода мекунанд. Хатҳои пунктирі̄ бошанд, самти транслятсияи нуқтаи нонвариантии чоркомпонентаро ба сатҳи панҷкомпонента ифода мекунанд. Хатҳои ғафси яклухт бошанд байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонента гузашта онҳоро бо ҳам мепайвандад, ки дар мувозинат будани чунин фазаҳои сахт бо маҳлули сери худро ифода мекунанд” [91, с. 109]:

E_1^5 —— E_6^5 = Ше+ М·12+Са·Mg; E_4^5 —— E_8^5 = Ше+ Са·Mg+К·2;

E_1^5 —— E_9^5 = Ше+Гп+Са·Mg; E_5^5 —— E_8^5 = Са·Mg+ К·2+Сс;

E_2^5 —— E_7^5 = Ше+Сн+К·2; E_5^5 —— E_9^5 = Гп +Са·Mg+Сс;

E_3^5 —— E_7^5 = Ше+Сн+Сс; E_7^5 —— E_8^5 = Ше+К·2+Сс;

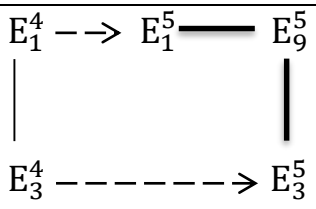
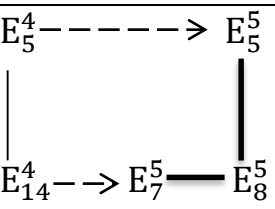
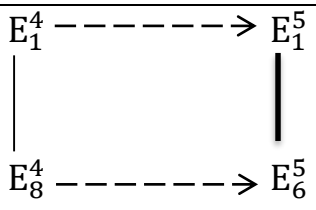
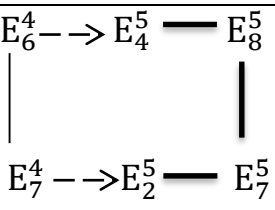
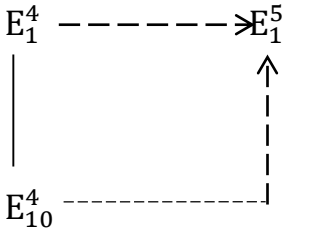
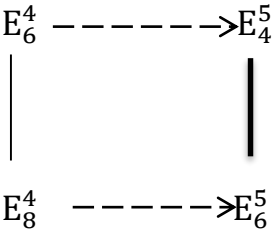
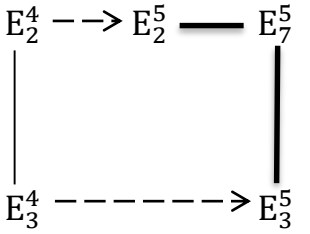
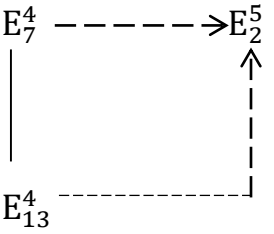
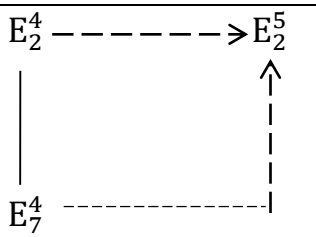
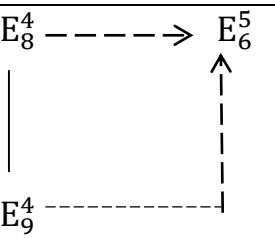
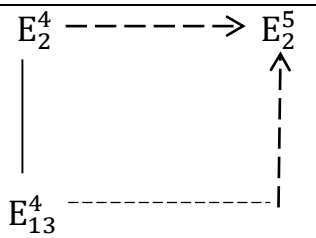
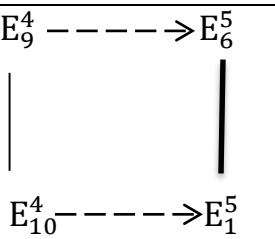
E_3^5 —— E_9^5 = Ше+Гп+Сс; E_8^5 —— E_9^5 = Ше +Са·Mg+ Сс;

E_4^5 —— E_6^5 = Ше+Са·Mg+М·3;

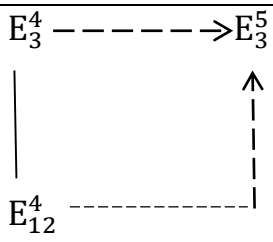
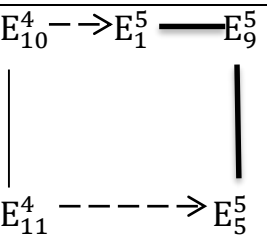
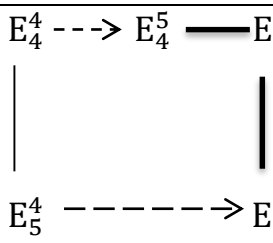
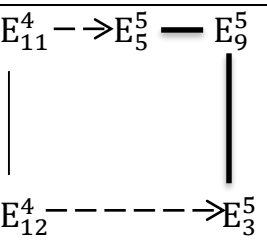
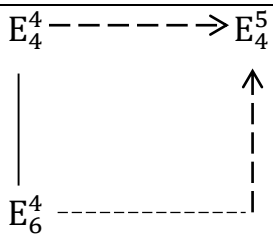
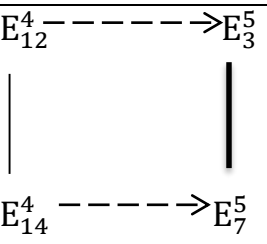
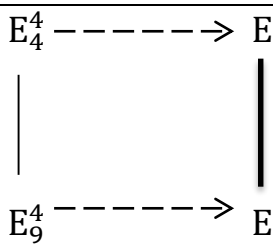
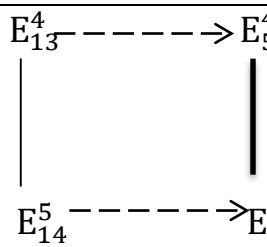
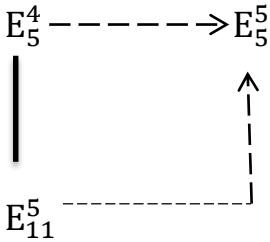
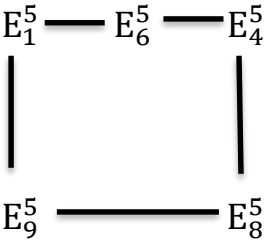
Дар амалия барои муайян намудани роҳҳои коркарди технологии компонентҳои алоҳидаи система, диаграммаи схемагии бо усули транслятсия сохташударо ба қисмҳои алоҳида ҷудо менамоянд. Дар ҷадвали 2.12 номгӯй ва ҳудуди кристаллизатсияи майдонҳои дивариантии системаи K,Mg,Ca // SO_4,CO_3 – H_2O барои ҳарорати 0 °С оварда шудаанд.

Натиҷаҳои таҳлили диаграммаи фазавии системаи таҳқиқшуда дар ҳарорати 0 °С гувоҳ аз он медиҳад, ки шумораи бештари майдонҳои кристаллизатсияи шенит (Ше) ва гипс (Гп) мутаносибан бо 5 ва 6 майдон ҳамсарҳад мебошанд. Ин далел шаҳодати он аст, ки пайвастагиҳои мазкур қисми асосии системаи омӯхташавандаро ишғол мекунанд. Натиҷаҳои ин таҳлил дар мақолаҳои илмі̄ [90–91] ба тафсил оварда шудаанд.

Ҷадвали 2.12. – Номгуй ва ҳудуди майдонҳои диварианти системаи K,Mg,Ca // SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C

Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Ҳудуди майдонҳо дар диаграмма (расми 2.13)	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Ҳудуди майдонҳо дар диаграмма (расми 2.13)
Гп+Ше		К·2+Сс	
М·12+ Ше		Ше+ К·2	
Гп+ М·12		М·3 +Ше	
Сн + Ше		К·2+ Ар	
Ше+ Ар		М·3+ М·12	
Ар+Сн		Са·Mg+ М·12	

Идомаи ҷадвали 2.12.

Гп +Сн		Гп+ Са·Mg	
К·2+ Са·Mg		Сс +Гп	
К·2+ М·3		Сн+Сс	
М·3+Са·Mg		Сн+К·2	
Са·Mg+Сс		Ше +Са·Mg	

2.7. Қисми тачрибавӣ: ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 0 °C

Дар доираи ин зербоб хусусиятҳои ҳалшавандагии системаи химиявии K, Mg, Ca // SO_4 – H_2O дар ҳарорати 0 °C мавриди таҳлили муфассал қарор дода мешаванд. Системаи чоркомпонентаи мазкур ҳамчун зерсистемаи таркибии системаи мураккаби панҷкомпонентаи K, Mg, Ca // SO_4, CO_3 – H_2O баррасӣ гардида, аҳамияти он дар ташаккули мувозинатҳои фазавии системаҳои сатҳи баландтар асоснок карда

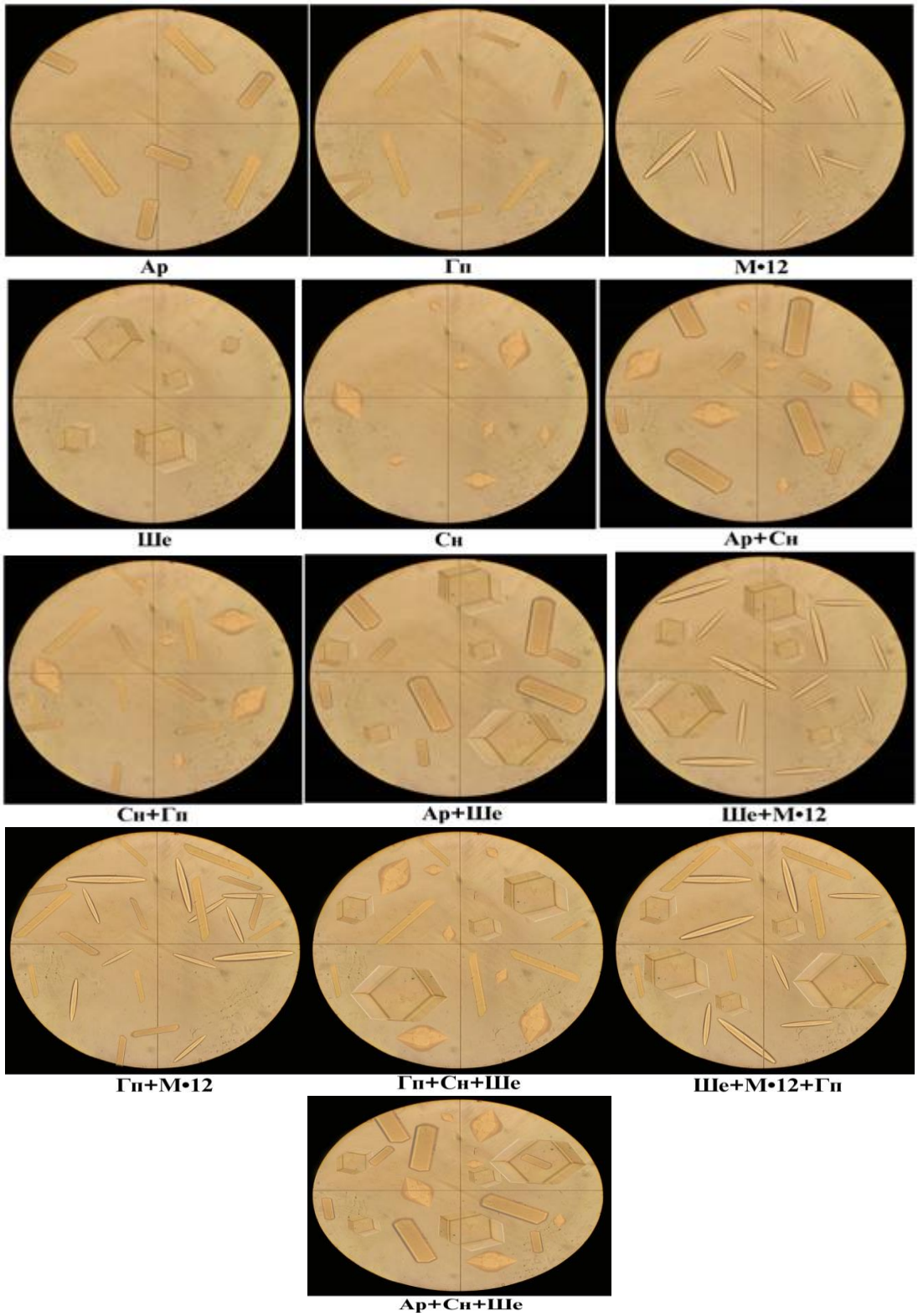
мешавад, ки он дар таркиби партовҳои саноатӣ, аз он ҷумла дар таркиби партовҳои моеъи саноати алюминий мавҷуд аст [59-65]. Раванди кристаллизатсияшавии ин намакҳо дар маҳлули обии партовҳо бо қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии системаи шашкомпонентаи $K,Mg,Ca//SO_4,CO_3,Cl\text{-}H_2O$ бо системаҳои панҷ ва чоркомпонентаи таркибии он, муайян карда мешавад.

Компонентҳои таркибии системаи химиявии мазкур аз сулфатҳои калий, магний ва калсий иборат аст, ки онҳо дар ҳарорати 0 °С дар шакли Ар-арканит (K_2SO_4); Ше-шенит ($K_2SO_4\cdot MgSO_4\cdot 6H_2O$); Сн-сингенит ($K_2SO_4\cdot CaSO_4\cdot H_2O$); Гп-гипс ($CaSO_4\cdot 2H_2O$) ва М·12 ($MgSO_4\cdot 12H_2O$) кристаллизатсия мешаванд. Барои гузаронидани таҷриба аз намакҳои зерин истифода бурда шуд: $CaSO_4\cdot 2H_2O$ (аз ҷиҳати химиявӣ тоза); $MgSO_4\cdot 7H_2O$ (аз ҷиҳати химияви тоза); K_2SO_4 (тоза); таҷриба дар асоси усули серкунӣ гузаронида шудааст.

Маҳлул бо истифода аз омехтакунаки магнитӣ омехта карда шуда, ҳарорат бо ёрии ҳароратсанҷи контактӣ, ки ба термостати U–8 пайваст мебошад, танзим гардид; дақиқии ченкунӣ ± 0,1 ^oC – ро ташкил медод. Омехтакунӣ дар муддати 70 – 110 соат гузаронида шуд. Кристаллизатсияи фазаҳои сахт тавассути микроскопи Микромед С 11 мушоҳида карда шуда, пас аз ба мувозинат омадан, фазаҳои сахт тавассути аксгираки «SONY-DSC-S500» аксбардорӣ карда шуд. Таҳлили оптикии кристаллҳо [98 – 99] бо фазаҳои сахти онҳо дар расми 2.14. оварда шудааст.

Фазаҳои сахт ва моеъро тавассути қифи Бюхнер, ки ба ҳавокаши вакуумӣ пайваста аст, ҷудо намудем. Баъдан фазаҳои сахтро тавассути спирти этили 96 % шуста, онро то ҳарорати 120 ^oC хушк намудем. Таҳлили химиявӣ аз рӯи усулҳои маълум гузаронида шуд [100-102]. Таҳлили оптикии кристаллҳо [99, 116-117] бо фазаҳои сахти онҳо дар расми 2.14. ва натиҷаи таҳлили химиявии маҳлули модарӣ дар ҷадвали 2.13. оварда шудааст. Фазаҳои сахти ҳосилшударо таҳлили рентгенофазавӣ намудем [122-123], ки натиҷаи дифрактограммаи он дар расми 2.15. оварда шудааст.

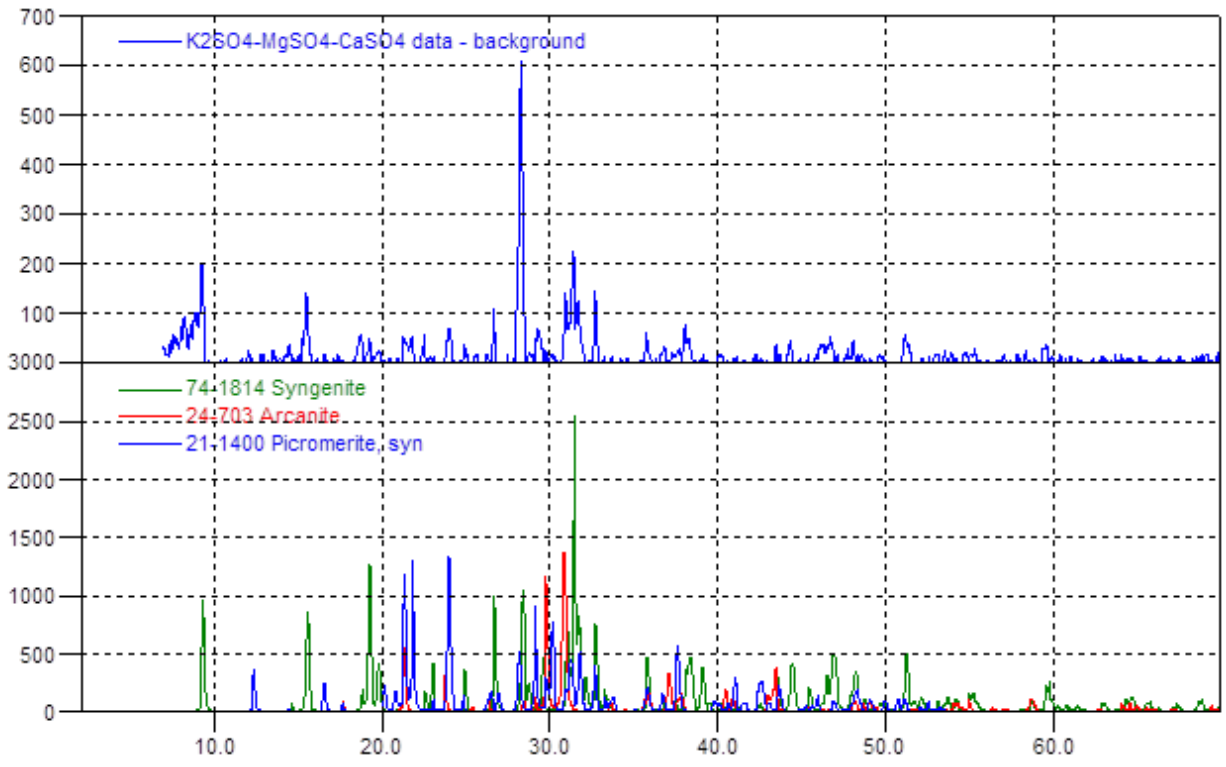
Дар асоси маълумотҳои таҷрибавии бадастовардашуда диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 0 °C сохта шуда [118-119], дар расми 2.16. қисми обӣ-намакӣ ва дар расми 2.17 қисми намакии он оварда шудааст.



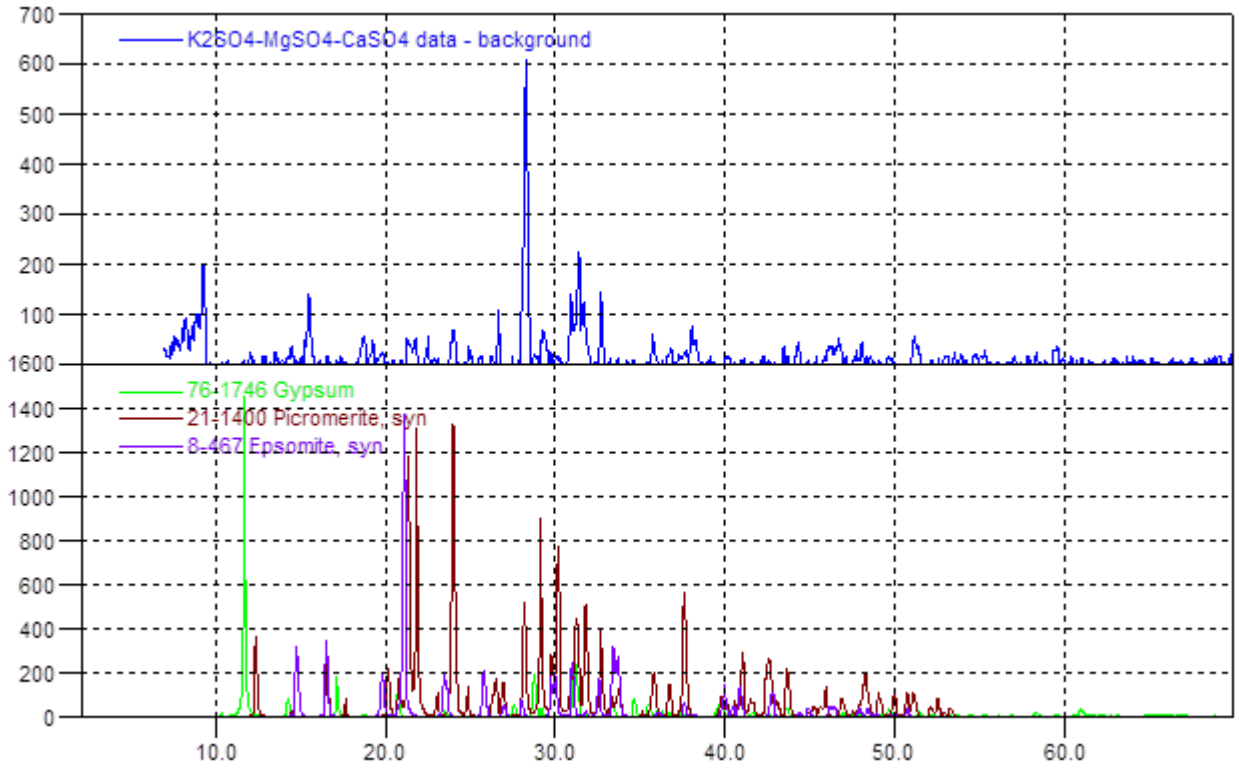
Расми 2.14. – Микроакси фазаҳои сахти мувозинатии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O, барои ҳарорати 0 °C

Ҷадвали 2.13. – Ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 0 °C

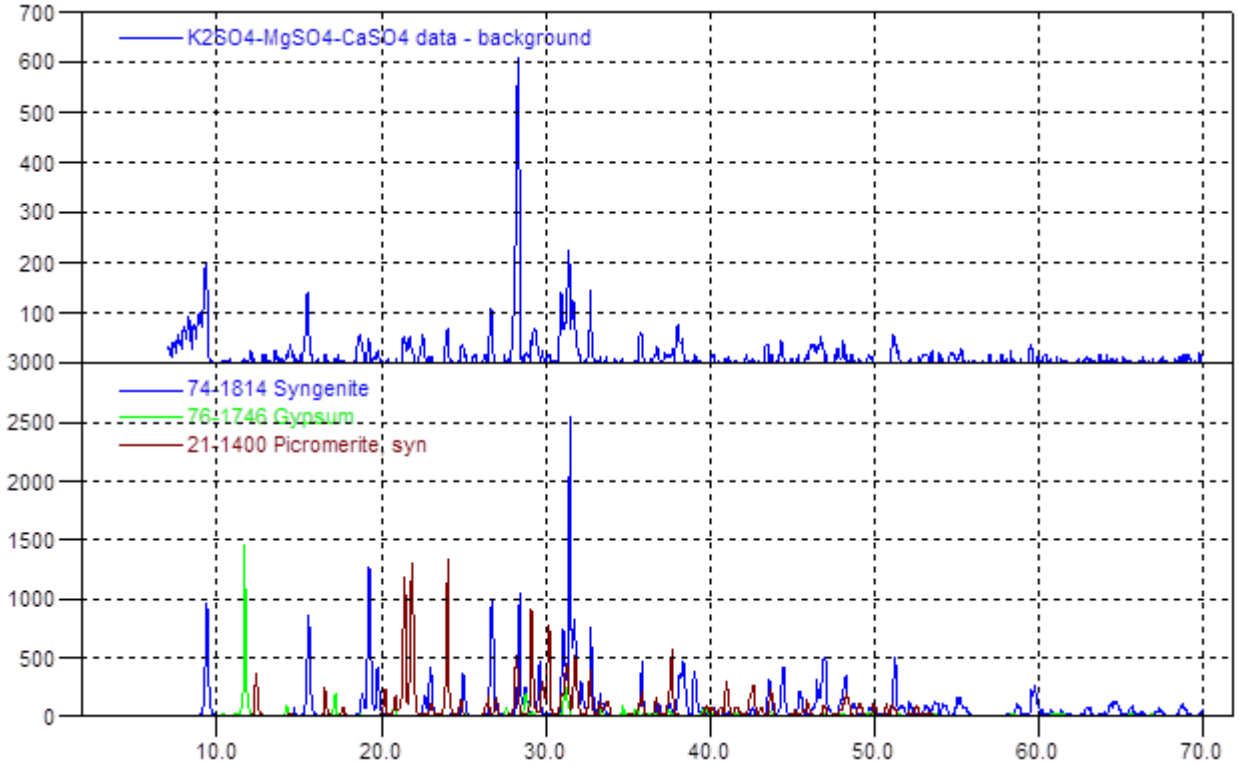
	Таркиби фазаи моеъ. бо %				Фазаҳои сахти мувозинатиӣ
	K_2SO_4	$CaSO_4$	$MgSO_4$	H_2O	
e_1	7,5	-	-	92,5	Ар
e_2	-	0,22	-	99,78	Гп
e_3	-	-	20,3	79,7	М·12
E_1^3	1,99	0,83	-	97,18	Ар+Сн
E_2^3	6,99	0,022	-	92,98	Сн+Гп
E_3^3	7,7	-	8,8	83,5	Ар+Ше
E_4^3	3,15	-	19,8	77,05	Ше+М·12
E_5^3	-	1,15	6,75	92,1	Гп+ М·12
E_1^4	4,48	0,157	2,56	92,80	Ар+Сн+Ше
E_2^4	2,70	0,147	1,85	95,30	Ше+М·12+Гп
E_3^4	2,97	0,129	1,185	95,71	Гп+Сн+Ше



Ар+Сн+Ше

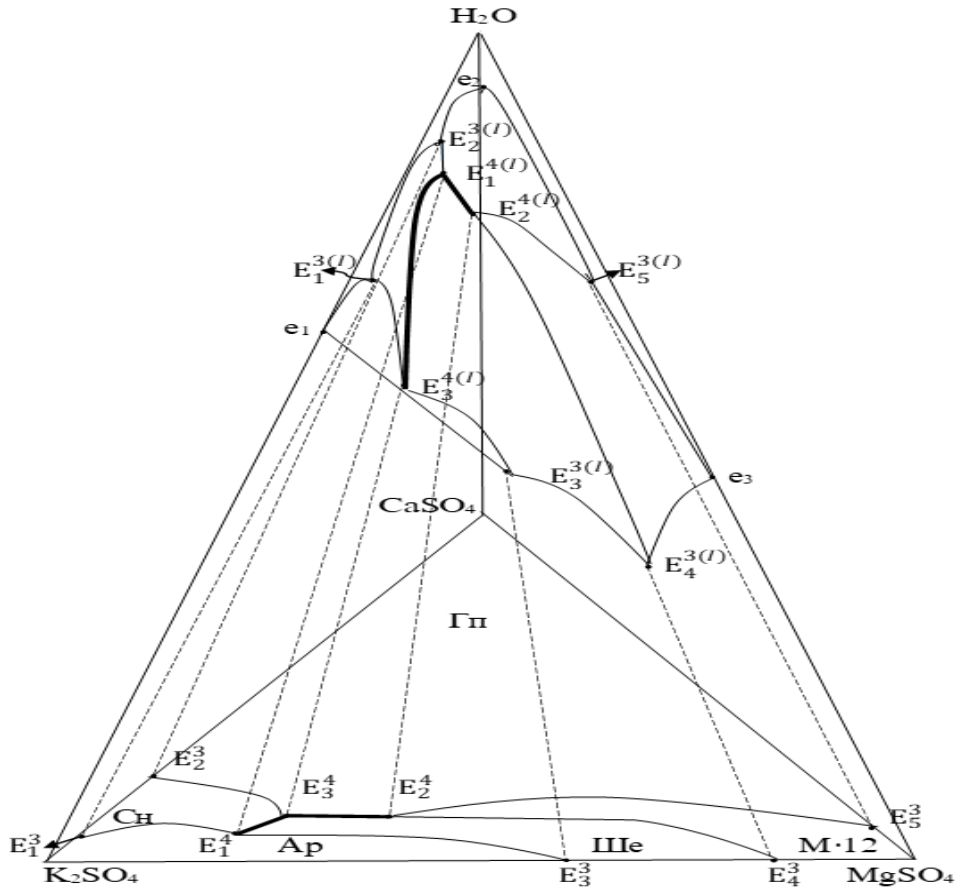


Ше+М·12+Гп

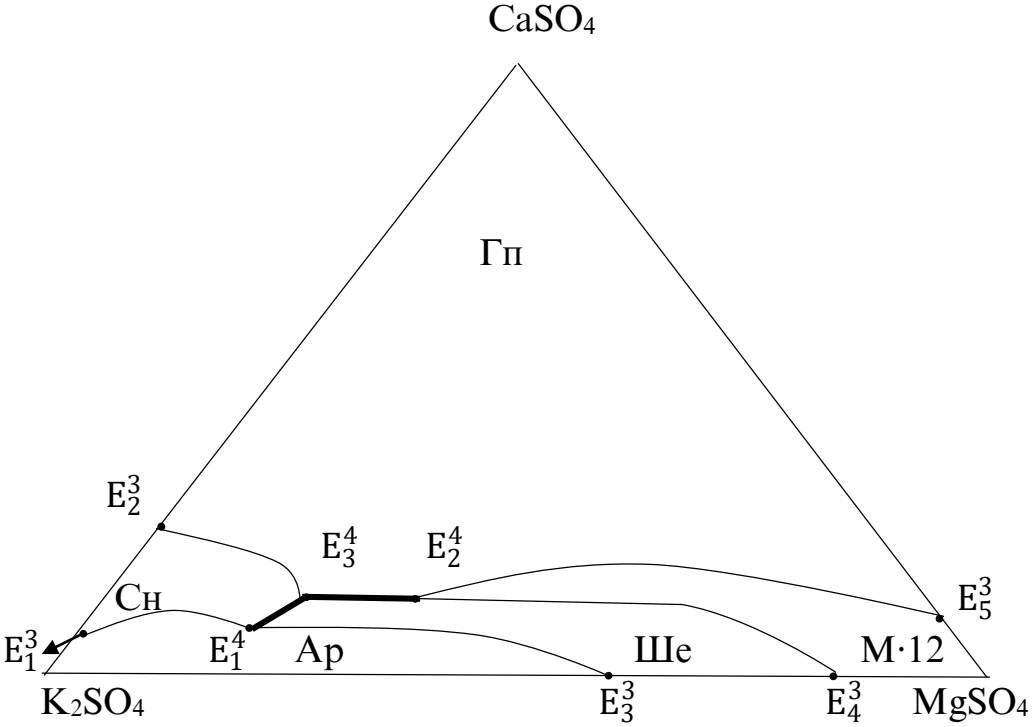


Гп+Сн+Ше

Расми 2.15. – Дифратограммаи фазаҳои сахти дармувозинатбудаи системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 0 °C



Расми 2.16. – Диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 0 °C (қисми обӣ-намакӣ)



Расми 2.17. – Қисми намакии диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 0 °C

Бо истифода аз усули массентрӣ мавқеъи нуқтаҳои новариантии сатҳи секомпонентагӣ (E_n^3) ва чоркомпонентагӣ (E_n^4) дар диаграмма муайян гардидаанд, ки дар он n шумораи рақамҳои тартибӣ ва дарачааш компонентнокии система мебошад. Бинобар сабаби кам будани ҳалшавандагии намакҳо таносуби он бо об ба 1:5 нишон дода шудааст. Мавқеи нуқтаҳои нонвариантии сатҳҳои се ва чоркомпонента дар диаграмма дар асоси маълумотҳои ҳалшавандагӣ бо истифода аз усули массентрӣ [4] ва тавассути ҳисобҳои дахлдор муайян карда шудааст.

$l_1 K_2SO_4 - H_2O \quad l_{1K_2SO_4} = \dfrac{7,5 \times 192}{7,5 + (92,5 \div 5)} = \dfrac{1440}{26} = 55,38 мм$

$7,5 \qquad 92,5$

$l_2 CaSO_4 - H_2O \quad l_{2CaSO_4} = \dfrac{0,22 \times 100}{0,22 + (99,78 \div 5)} = \dfrac{22}{20,176} = 1,09 мм$

$0,22 \quad 99,78$

$l_3 MgSO_4 - H_2O \quad l_{3MgSO_4} = \dfrac{20,3 \times 192}{20,3 + (79,7 \div 5)} = \dfrac{3897,6}{36,24} = 107,5 мм$

$20,3 \quad 79,7$

$E_1^3 = K_2SO_4 - CaSO_4 - H_2O$

$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} K_2SO_4 - 1,99 \\ CaSO_4 - 0,83 \end{array}\right\} 2,82 \\ H_2O - 97,18 \div 5 = 19,44 \end{array}\right\} 22,26$

$l_{K_2SO_4} = \dfrac{1,99 \times 100}{2,82} = 70,56 мм$

$l_{H_2O} = \dfrac{19,44 \times 165}{22,26} = 144 мм$

$E_2^3 = K_2SO_4 - CaSO_4 - H_2O$

$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} K_2SO_4 - 6,99 \\ CaSO_4 - 0,022 \end{array}\right\} 7.012 \\ H_2O - 92,988 \div 5 = 18,59 \end{array}\right\} 25,6$

$l_{K_2SO_4} = \dfrac{6,99 \times 100}{7,012} = 99,68 мм$

$l_{H_2O} = \dfrac{18,59 \times 191}{25,6} = 138,69 мм$

$E_3^3 = K_2SO_4 - MgSO_4 - H_2O$

$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} K_2SO_4 - 7,7 \\ MgSO_4 - 8,8 \end{array}\right\} 16,5 \\ H_2O - 83,5 \div 5 = 16,7 \end{array}\right\} 33,2$

$l_{K_2SO_4} = \dfrac{7,7 \times 100}{16,5} = 46,66 мм$

$l_{H_2O} = \dfrac{16,7 \times 187}{33,2} = 94,06 мм$

$$E_4^3 = K_2SO_4 - MgSO_4 - H_2O$$

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2SO_4 - 3,15\\ MgSO_4 - 19,8\end{array}\right\}22,95\\ H_2O - 77,05 \div 5 = 15,41\end{array}\right\}38,36$$

$$l_{K_2SO_4} = \frac{3,15 \times 100}{22,95} = 13,72 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{15,41 \times 190}{38,36} = 76,32 мм$$

$$E_5^3 = CaSO_4 - MgSO_4 - H_2O$$

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}CaSO_4 - 1,15\\ MgSO_4 - 6,75\end{array}\right\}7,9\\ H_2O - 92,1 \div 5 = 18,42\end{array}\right\}26,32$$

$$l_{CaSO_4} = \frac{1,15 \times 100}{7,9} = 14,55 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{18,42 \times 177}{26,32} = 123,8 мм$$

$$E_1^4 = K_2SO_4 - CaSO_4 - MgSO_4 - H_2O$$

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2SO_4 - 2,97\\ CaSO_4 - 0,157\end{array}\right\}3,127\\ MgSO_4 - 1,185\end{array}\right\}4,312\\ H_2O - 95,988 \div 5 = 19,137\end{array}\right\}23,449$$

$$l_{K_2SO_4} = \frac{2,97 \times 100}{3,127} = 97,97 мм$$

$$l_{MgSO_4} = \frac{1,185 \times 90}{4,312} = 24,73 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{19,137 \times 178}{23,449} = 145,26 мм$$

$$E_2^4 = K_2SO_4 - CaSO_4 - MgSO_4 - H_2O$$

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2SO_4 - 2,7\\ CaSO_4 - 0,147\end{array}\right\}2,847\\ MgSO_4 - 1,85\end{array}\right\}4,697\\ H_2O - 95,303 \div 5 = 19,06\end{array}\right\}23,75$$

$$l_{K_2SO_4} = \frac{2,7 \times 100}{2,847} = 94,83 мм$$

$$l_{MgSO_4} = \frac{1,85 \times 89}{4,697} = 35,05 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{19,06 \times 171}{23,75} = 137,23 мм$$

$$E_3^4 = K_2SO_4 - CaSO_4 - MgSO_4 - H_2O$$

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2SO_4 - 4,48\\ CaSO_4 - 0,129\end{array}\right\}4,609\\ MgSO_4 - 2,56\end{array}\right\}7,17\\ H_2O - 92,83 \div 5 = 18,56\end{array}\right\}25,73$$

$$l_{K_2SO_4} = \frac{4,48 \times 100}{4,609} = 97,2 мм$$

$$l_{MgSO_4} = \frac{2,56 \times 89}{7,17} = 31,77 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{18,56 \times 173}{25,73} = 124,79 мм$$

Чи хеле, ки аз расми 2.17. дида мешавад, барои системаи чоркомпонентаи мазкур дар ҳарорати 0 °С қисми зиёди онро майдони кристаллизатсияи Гп-гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ишғол мекунад, ки он дар

шароити додашуда кам будани ҳалшавандагии ин намакро нишон медиҳад. Шарҳи элементҳои геометрӣ (майдонҳо, нуқтаҳо ва хатҳо)-и дар диаграмма буда дар ҷадвали 2.14. оварда шудааст.

Ҷадвали 2.14. – Шарҳи элементҳои геометрии диаграммаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 0°C

Элементҳои геометрӣ	Шарҳи аломатҳо
e_1	Ҳалшавандагии сулфати калий дар об
e_2	Ҳалшавандагии сулфати калсий дар об
e_3	Ҳалшавандагии сулфати магний дар об
E_1^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Сн дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
E_2^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Сн+ Гп дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
E_3^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Ше дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_4^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Ше+М·12 дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_5^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Гп+М·12 дар системаи Ca,Mg//SO_4-H_2O
E_1^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Сн+Ше дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O
E_2^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаи Ше+М·12+Гп дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O
E_3^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаи Гп+Сн+Ше дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O
e_1 - E_3^3	Хати кристаллизатсияшавии фазаи Ар дар системаи Ca,Mg//SO_4-H_2O
e_1 - E_1^3	Хати кристаллизатсияшавии фазаи Ар дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O

	Идомаи ҷадвали 2.14.
e_2 - E_2^3	Хати кристаллизатсияшавии фазаи Гп дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
e_2 - E_5^3	Хати кристаллизатсияшавии фазаи Гп дар системаи Ca,Mg//SO_4-H_2O
e_3 - E_5^3	Хати кристаллизатсияшавии фазаи М·12 дар системаи Mg,Ca//SO_4-H_2O
e_3 - E_4^3	Хати кристаллизатсияшавии фазаи М·12 дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_1^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Сн дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
E_2^3- E_3^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Гп+ Сн дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
E_3^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Ше дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_4^3- E_2^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ше+ М·12 дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_5^3- E_2^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои М·12 + Гп дар системаи Ca,Mg//SO_4-H_2O
K_2SO_4-E_1^3-E_1^4-E_3^3- K_2SO_4	Майдони кристаллизатсияи фазаи Ар
$CaSO_4$-E_2^3-E_3^4-E_2^4-E_5^3-$CaSO_4$	Майдони кристаллизатсияи фазаи Гп
$MgSO_4$ -E_4^3-E_2^4-E_5^3-$MgSO_4$	Майдони кристаллизатсияи фазаи М·12
E_1^3-E_1^4-E_3^4-E_2^3-E_1^3	Майдони кристаллизатсияи фазаи Сн
E_3^3-E_1^4-E_3^4-E_2^4-E_4^3-E_3^3	Майдони кристаллизатсияи фазаи Ше

2.8. Қисми тачрибавӣ: Ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C

Қисмҳои таркибии системаи химиявии мазкур аз карбонатҳои калий,

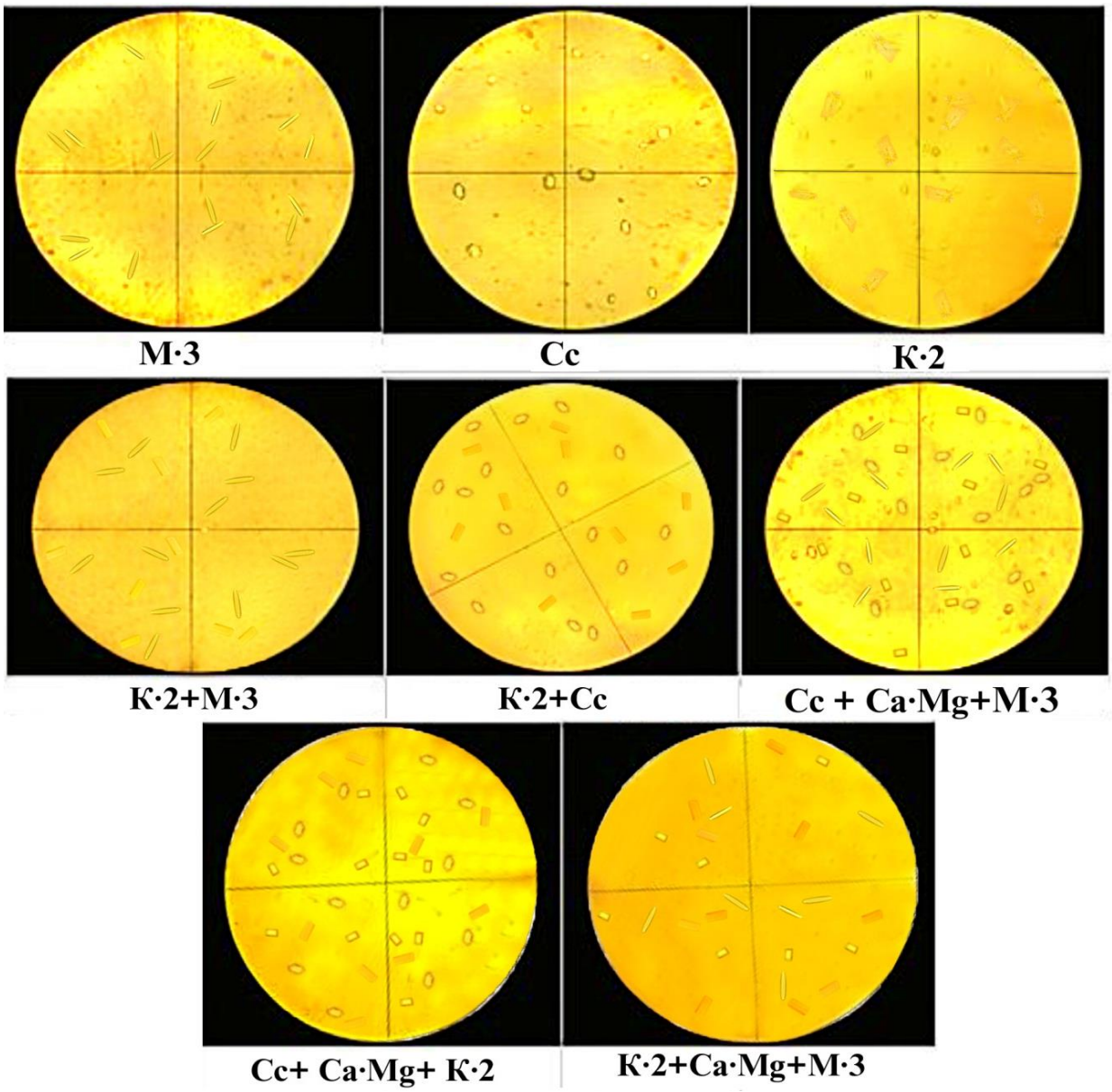
магний ва калсий иборат аст, ки онҳо дар ҳарорати 0 ^{o}C дар шакли $CaCO_3$ - калсит (Cc); K_2CO_3·2-(K·2); $CaCO_3$· $MgCO_3$ -доломит (Ca·Mg); $MgCO_3$·$3H_2O$-магнезит (Mg·3); кристаллизатсия мешаванд. Барои гузаронидани таҷриба аз намакҳои зерин истифода бурда шуд: $CaCO_3$ (аз ҷиҳати химиявӣ тоза); $MgCO_3$·$3H_2O$ (аз ҷиҳати химияви тоза); K_2CO_3 (тоза); таҷриба дар асоси усули серкунӣ гузаронида шудааст.

Дар асоси маълумотҳои адабиётӣ [77–78], омехтаҳои маҳлул барои таҷриба дар нуқтаҳои нонвариантии системаҳои секомпонентаи K, Mg // SO_4–H_2O; K, Ca // SO_4–H_2O ва Mg, Ca // SO_4–H_2O дар ҳарорати 0 °C, ки таркибии системаи чоркомпонентаи мазкуранд омода карда шуданд.

Мувофиқ ба усули транслятсия нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента интиқол ёфта ҳалшавандагии намакҳои дар система буда барои ҳарорати 0 ^{o}C муайян карда шуда, сипас ҷудо карда мешаванд.

Бо ёрии омехтакунаки магнитӣ маҳлулро омехта намуда, ҳароратро тавассути ҳароратсанҷи контактии ба термостати U–8 пайвастшуда идора намудем, ки дақиқии он ± 0,1 ^{o}C – ро ташкил медиҳад. Омехтакунӣ дар муддати 80-120 соат гузаронида шуд. Кристаллизатсияи фазаҳои сахт тавассути микроскопи Микромед С 11 мушоҳида карда шуда, пас аз ба мувозинат омадан, фазаҳои сахт тавассути суратгираки «SONY- DSC-S500» аксбардорӣ карда шуд. Таҳлили микроаксии кристаллҳо [98-99, 117] бо фазаҳои сахти онҳо дар расми 2.18 оварда шудаанд.

Фазаҳои сахт ва моеъро тавассути қифи Бюхнер, ки ба ҳавокаши вакуумӣ пайваст аст ҷудо намудем. Баъдан фазаи сахтро тавассути спирти этили 96% шуста онро дар ҳарорати 120 ^{o}C хушк намудем. Таҳлили химиявӣ аз рӯи усулҳои маълум гузаронида шуд [98-102]. Натиҷаи таҳлили химиявии маҳлули модарӣ дар ҷадвали 2.15. оварда шудааст.



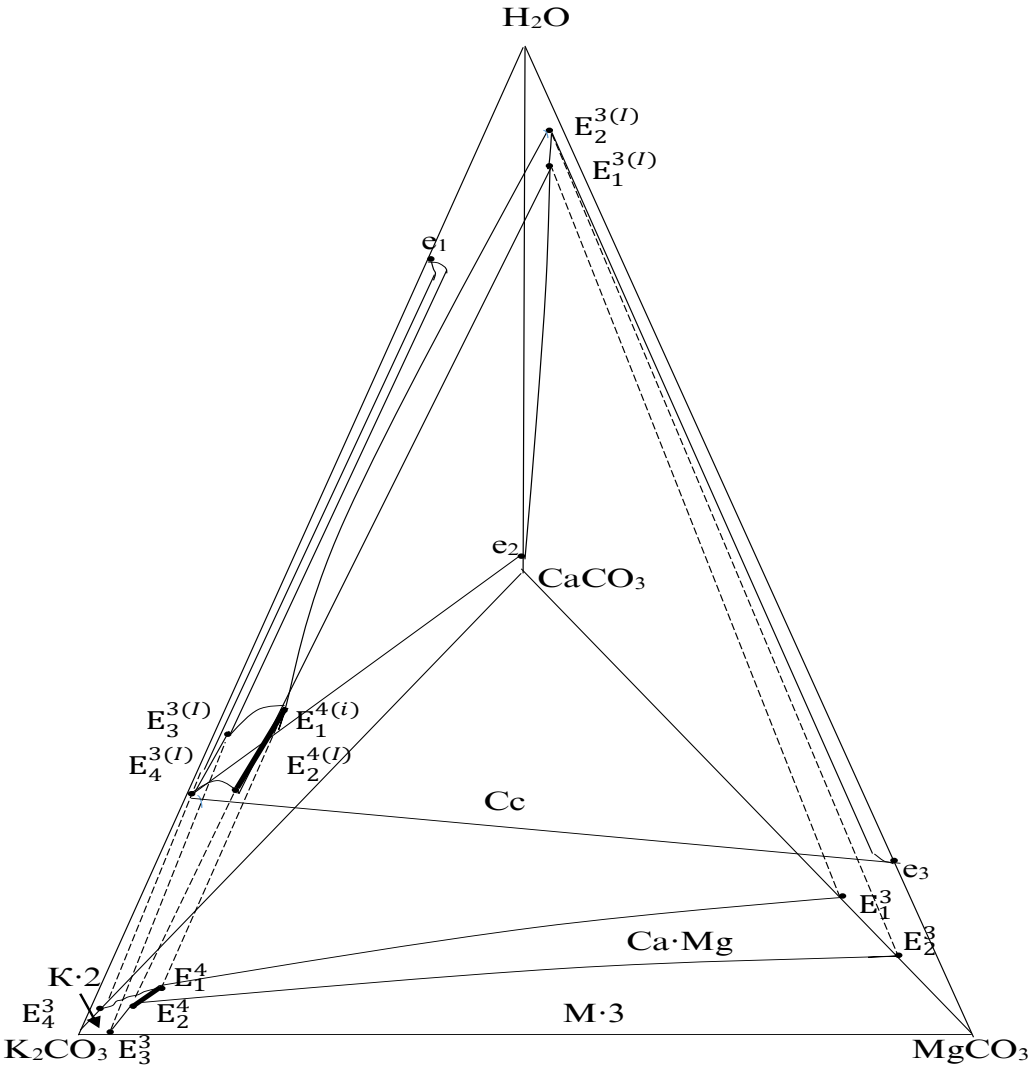
Расми 2.18. – Микроакси фазаҳои сахти мувозинатии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O, барои ҳарорати 0°C

Ҷадвали 2.15. – Таркиби маҳлулҳои сершуда ва фазаҳои сахти мувозинатии системаи K, Mg, Ca // CO_3 – H_2O дар ҳарорати 0 °C

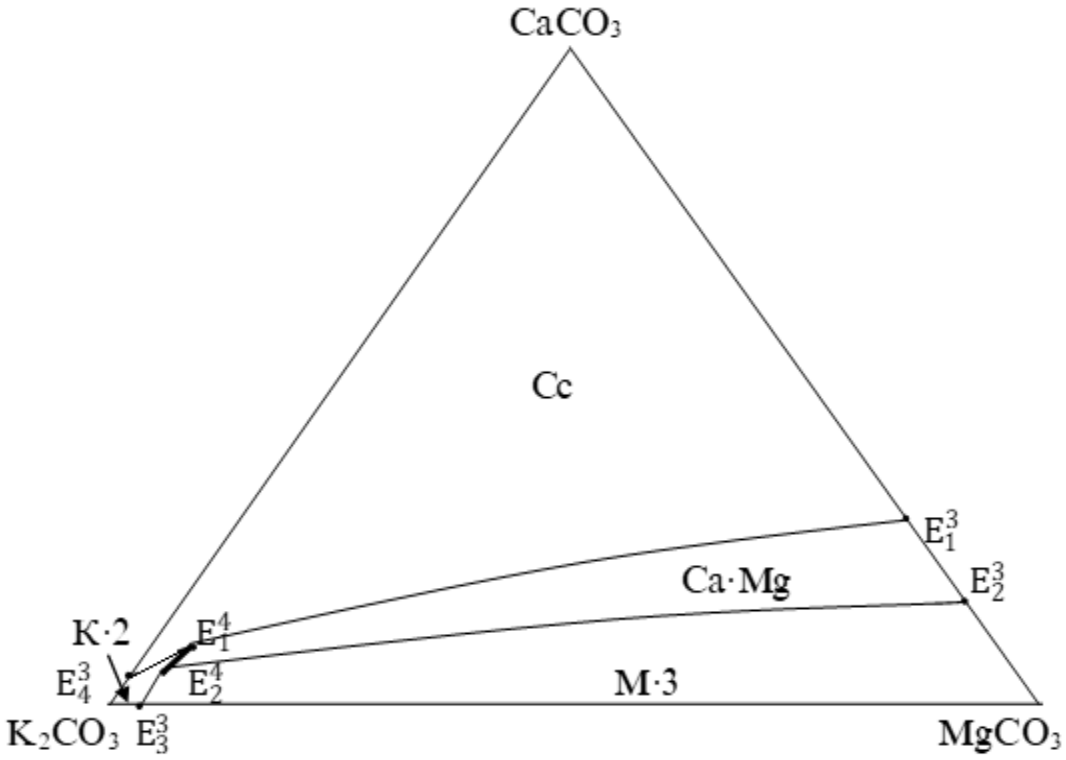
	Таркиби фазаи моеъ. бо %				Фазаҳои сахти мувозинатӣ
	K_2CO_3	$CaCO_3$	$MgCO_3$	H_2O	
e_1	51,7	-	-	48,3	К·2
e_2	-	0,0048	-	99,9952	Сс
e_3	-	-	0,3206	99,6794	М·3
E_1^3	-	0,0174	0,0245	99,9581	Сс + Са·Mg
E_2^3	-	0,0411	0,0381	99,9208	Са·Mg+ М·3

					Идомаи ҷадвали 2.15.
E_3^3	45,786	-	0,0392	54,1748	К·2+М·3
E_4^3	47,816	0,0143	-	54,1997	К·2+Сс
E_1^4	46,113	0,0173	0,0274	53,8423	Сс+ Са·Mg+ К·2
E_2^4	49,763	0,0146	0,0253	50,1971	К·2+Са·Mg+М·3

Дар асоси натиҷаҳои ҳосилшуда, бори аввал диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3–H_2O дар ҳарорати 0°C таҳия гардид. Натиҷаҳои мазкур дар расми 2.19 қисми обӣ-намакии система ва дар расми 2.20 қисми намакии он ба таври муфассал инъикос ёфтаанд.



Расми 2.19. – Қисми обӣ-намакии диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °C



Расми 2.20. – Қисми намакии диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO₃-H₂O барои ҳарорати 0 °C

Бо истифода аз усули массентрикӣ ҷойи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента (E_n^3) ва чоркомпонента (E_n^4) муайян гардидаанд, ки дар он n шумораи рақамҳо мебошад. Бинобар сабаби кам будани ҳалшавандагии намакҳо таносуби он бо об ба 1:5 нишон дода шудааст. Мавқеъи нуқтаҳои нонвариантӣ сатҳи се ва чоркомпонента дар диаграмма маълумотҳои ҳалшавандагӣ бо усули массентрӣ [4] таввасути ҳисобҳои зерин муайян карда шудааст.

1.Барои нуқтаи e_1 бо фазаи сахти мувозинатӣ К·2

$$l_1 K_2CO_3 - H_2O \qquad l_{1K_2CO_3} = \frac{51,7 \times 192}{51,7 + (48,3 \div 5)} = \frac{9926,4}{61,36} = 161,7\,мм$$

$51,7 \qquad 48,3$

2.Барои нуқтаи e_2 бо фазаи сахти мувозинатӣ Сс

$$l_2 CaCO_3 - H_2O \qquad l_{2CaCO_3} = \frac{0,0048 \times 100}{0,0048 + (99,9952 \div 5)} = \frac{0,48}{20,0038} = 0,024\,мм$$

$0,0048 \qquad 99,9952$

3.Барои нуқтаи e_3 бо фазаи сахти мувозинатӣ М·3

$l_3 MgCO_3 - H_2O \qquad l_{3MgCO_3} = \dfrac{0,3206 \times 192}{0,3206 + (99,6794 \div 5)} = \dfrac{61,555}{20,256} = 3,038 мм$

$0,3206 \qquad 99,6794$

4.Барои нуқтаи E_1^3 бо фазаҳои сахти мувозинати Cc + Ca·Mg

$$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} CaCO_3 - 0,0174 \\ MgSO_4 - 0,0245 \end{array}\right\} 0,0419 \\ H_2O - 99,9581 \div 5 = 19,9916 \end{array}\right\} 20,0335$$

$$l_{CaCO_3} = \frac{0,0174 \times 100}{0,0419} = 41,52 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{19,9916 \times 153}{20,0335} = 151,68 мм$$

5.Барои нуқтаи E_2^3 бо фазаҳои сахти мувозинати Ca·Mg+M·3

$$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} K_2SO_4 - 0,0411 \\ MgSO_4 - 0,0381 \end{array}\right\} 0,0792 \\ H_2O - 99,9208 \div 5 = 19,9841 \end{array}\right\} 20,0633$$

$$l_{CaCO_3} = \frac{0,0416 \times 100}{0,0792} = 51,89 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{19,984 \times 143}{20,0633} = 142,43 мм$$

6.Барои нуқтаи E_3^3 бо фазаҳои сахти мувозинати K·2+M·3

$$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} K_2CO_3 - 45,78 \\ MgCO_3 - 0,0392 \end{array}\right\} 45,82 \\ H_2O - 54,174 \div 5 = 10,834 \end{array}\right\} 56,66$$

$$l_{K_2CO_3} = \frac{45,78 \times 100}{45,825} = 99,912 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{10,8349 \times 191}{56,66} = 36,524 мм$$

7. Барои нуқтаи E_4^3 бо фазаҳои сахти мувозинати K·2+Cc

$$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} K_2CO_3 - 47,816 \\ CaSO_4 - 0,0143 \end{array}\right\} 3,33 \\ H_2O - 54,1997 \div 5 = 10,8399 \end{array}\right\} 86,67$$

$$l_{K_2CO_3} = \frac{47,816 \times 100}{47,83} = 99,97 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{10,8399 \times 189}{58,67} = 34,9 мм$$

8.Барои нуқтаи E_1^4 бо фазаҳои сахти мувозинати Cc+ Ca·Mg+ K·2

$$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} K_2CO_3 - 46,113 \\ MgCO_3 - 0,0173 \end{array}\right\} 46,1303 \\ CaCO_3 - 0,0274 \end{array}\right\} 46,1577 \\ H_2O - 53,8423 \div 5 = 10,7684 \end{array}\right\} 56,926$$

$$l_{K_2CO_3} = \frac{46,113 \times 100}{46,1303} = 96,96 мм$$

$$l_{CaCO_3} = \frac{0,0274 \times 99}{46,1577} = 0,058 мм$$

$$l_{H_2O} = \frac{10,768 \times 188}{56,92616} = 35,56 мм$$

9.Барои нуқтаи E_2^4 бо фазаҳои сахти мувозинати К·2+Ca·Mg+M·3

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2CO_4-49,763\\MgCO_4-0,0146\end{array}\right\}49,777\\CaCO_4-0,0253\end{array}\right\}49,8029\\H_2O-50,197\div 5=10,0394\Big\}59,842$$

$$l_{K_2CO_3}=\frac{49,763\times 100}{49,777}=99,96мм$$

$$l_{CaCO_3}=\frac{0,0253\times 98}{49,8029}=0,059мм$$

$$l_{H_2O}=\frac{10,0394\times 190}{59,84232}=31,87мм$$

Чи хеле, ки аз расми 2.20. дида мешавад, барои системаи чоркомпонентаи мазкур дар ҳарорати 0 °С қисми зиёди онро майдони кристаллизатсияи калсит ($CaCO_3$) ишғол мекунад, ки дар шароити додашуда кам будани ҳалшавандагии ин намакро нишон медиҳад. Шаклҳои геометрии (майдонҳо, нуқтаҳо ва хатҳо) он дар ҷадвали 2.16. оварда шудаанд.

Ҷадвали 2.16. – Номгӯи шаклҳои геометрии диаграммаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 0 °С

Элементҳои геометрӣ	Шарҳи аломатҳо
e_1	Ҳалшавандагии карбонати калий дар об
e_2	Ҳалшавандагии карбонати калсий дар об
e_3	Ҳалшавандагии карбонати магний дар об
E_1^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии Cc+Ca·Mg дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
E_2^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии Ca·Mg+M·3 дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
E_3^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии К·2+M·3 дар системаи K,Mg //CO_3-H_2O
E_4^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии К·2+Cc дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
E_1^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии Cc+ Ca·Mg+ К·2 дар системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O

	Идомаи ҷадвали 2.16.
E_2^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии К·2+ Са·Mg+ М·3 дар системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O
e_1 - E_3^4	Хати кристаллизатсияшавии К·2 дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
e_1 - E_3^3	Хати кристаллизатсияшавии К·2 дар системаи K,Mg//CO_3-H_2O
e_2 - E_1^3	Хати кристаллизатсияшавии Сс дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
e_2 - E_2^3	Хати кристаллизатсияшавии Сс дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
e_3 - E_2^3	Хати кристаллизатсияшавии М·3 дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
e_3 - E_3^3	Хати кристаллизатсияшавии М·3 дар системаи K,Ca //CO_3-H_2O
E_1^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии Сс+ Са·Mg дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
E_2^3- E_2^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии Са·Mg+ М·3 дар системаи Mg,Ca/CO_3-H_2O
E_4^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии Сс+ К·2 дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
E_3^3- E_2^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии Сс+М·3 дар системаи K,Mg//CO_3-H_2O
e_1-E_4^3-E_1^4-E_2^4-E_3^3-e_1	Майдони кристаллизатсияи К·2
e_2-E_1^3-E_1^4-E_4^3-e_2	Майдони кристаллизатсияи Сс
e_3-E_2^3-E_2^4-E_3^3-e_3	Майдони кристаллизатсияи М·3
E_1^3-E_1^4-E_2^4-E_2^3-E_1^3	Майдони кристаллизатсияи Са·Mg

БОБИ 3. ФАЗАҲОСИЛШАВӢ ВА ҲАЛШАВАНДАГӢ ДАР ИФОДАҲОИ ГЕОМЕТРИИ СИСТЕМАИ БИСЁРКОМПОНЕНТАИ K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O БАРОИ 25 ^oC БО УСУЛИ ТРАНСЛЯТСИЯ

Омӯзиши мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC ва муқоисаи натиҷаҳои бадастомада бо ҳарорати 0 °C нишон медиҳад, ки баланд шудани ҳарорат дар он метавонад ба пурра ё қисман беобшавии намакҳо, ба вуҷуд омадани намакҳои нави омехта ё дучанда оварда расонад, ки ба мураккабшавии сохтори диаграмма сабаб мегардад. Дар поён натиҷаҳои тадқиқот оиди мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O ва зерсистемаҳои чоркомпонентаи онро ташкилдиҳанда бо усули транслятсия, барои ҳарорати 25 ^oC оварда шудаанд.

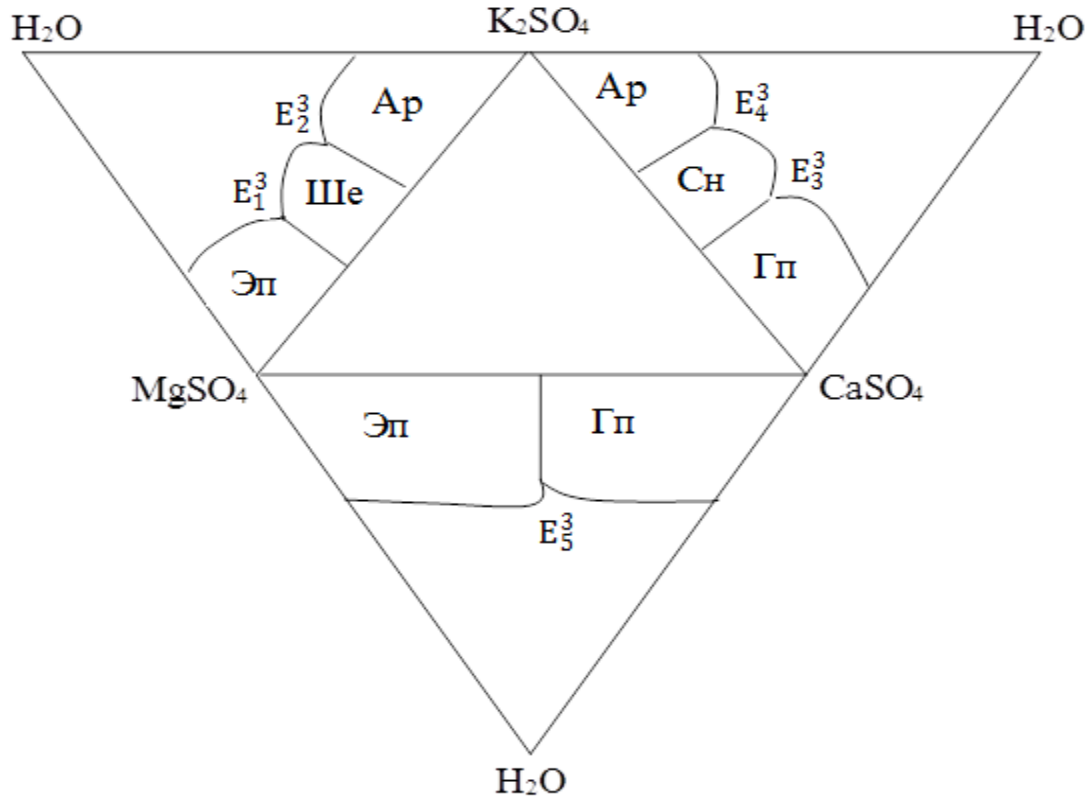
3.1. Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O

Системаи татқиқшавандаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O аз се системаи секомпонентаи зерин иборат аст: K,Mg//SO_4-H_2O; K,Ca//SO_4-H_2O; Mg,Ca//SO_4-H_2O. Таҳлили адабиёти мавҷуда нишон медиҳад [78, 79], ки системаи химиявии чоркомпонентаи мазкур дар ҳарорати 25 ^oC бо усули ҳалшавандагӣ пурра омӯхта шуда бошад ҳам, вале диаграммаи он сохта нашудааст. Танҳо системаи K,Ca//SO_4-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC хосияти якхела доранд, яъне барои онҳо мавҷудияти ду нуқтаи нонвариантӣ хос мебошанд. Дар системаҳои K,Mg//SO_4-H_2O ва Mg,Ca//SO_4-H_2O бо баланд шудани ҳарорат аз 0 то 25 ^oC танҳо фазаи М·12- $MgSO_4 \cdot 12H_2O$ қисман беоб гардида ба Эп-эпсомит $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ мубаддал мегардад ва ба ҳосилшавии фазаи нави Пг-полигалит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$) оварда мерасонад, ки ба мураккабшавии сохтори диаграмма дар ҳарорати 25 ^oC сабаб мегардад. Таркиби фазагии нуқтаҳои нонвариантии система K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар сатҳи таркиби се компонентагӣ аз [78], гирифта шуда дар ҷадвали 3.1. гирд оварда шудаанд.

Ҷадвали 3.1. – Нуқтаҳои нонвариантии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаашон дар сатҳи секомпонентагӣ

Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
Системаи K,Mg//SO_4-H_2O		Системаи K,Ca//SO_4-H_2O	
E_1^3 E_2^3	Ше +Эпс Ар+Ше	E_3^3 E_4^3	Гп+Сн Сн+Ар
Системаи Mg,Ca//SO_4-H_2O			
E_5^3	Эпс + Гп		

Бо такя ба маълумоти дар ҷадвали 3.1 овардашуда, диаграммаи схемавии мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 °C дар сатҳи секомпонентагӣ, мувофиқи адабиёт [81], дар шакли призмаи кушода таҳия гардидааст (расми 3.1).



Расми 3.1. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC дар сатҳи секомпонентагӣ

Тавре дар боби 1 қайд карда будем, аз панҷ системаи чоркомпонентаи системаи панҷкомпонентаи тадқиқшавандаро ташкилдиҳанда танҳо ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC пурра омухта шудааст [79], ки он дар ҷадвали 3.1. оварда шудааст. Агарчанде, ки ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC хуб омухта шуда бошад ҳам, аз рӯи ин далелҳо диаграммаи сарбастаи ҳолатии система сохта нашудааст. Аз ин рӯ барои сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазагии ин система низ дар ҳарорати мазкур мо аз усули транслятсия истифода бурдем. Дар ҳарорати 25 ^oC транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента, бо назардошти ҳосилшавии пайвастагии $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (Пг-полигалит) дар ин сатҳ, пайдошавии нуқтаҳои нонвариантии зеринро, бо фазаҳои сахти дар мувозинат буда, ба миён меорад:

$$E_1^3 + E_5^3 \dashrightarrow E_1^4 = Эп + Ше + Гп;$$

$$E_2^3 + Пг \dashrightarrow E_2^4 = Ше + Ар + Пг;$$

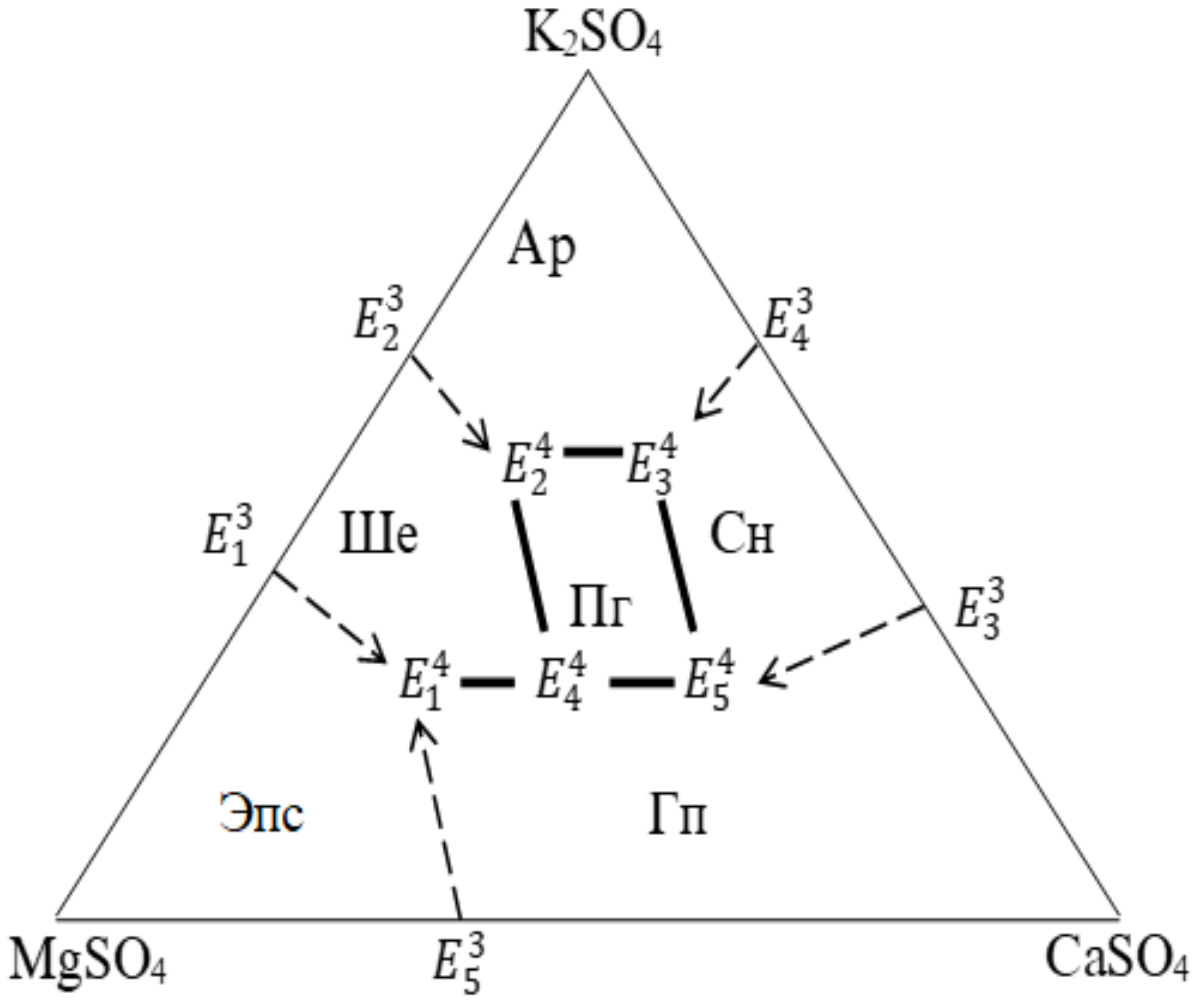
$$E_4^3 + Пг \dashrightarrow E_3^4 = Сн + Ар + Пг;$$

$$E_3^3 + Пг \dashrightarrow E_5^4 = Сн + Гп + Пг.$$

Диаграммаи мувозинатҳои фазагии дар асоси ин далелҳо сохташуда нишон дод, ки майдонҳои кристаллизатсияи Пг ва Сн маҳдуд (сарбаста) нашудаанд. Барои сарбаста шудани онҳо нуқтаи нонвариантии мобайнӣ [80], бо фазаҳои сахти дар мувозинатбудаи E_4^4 = Ше + Гп + Пг муайян карда шуд. Дар ҳамин асос диаграммаи сарбастаи [85], мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O, барои ҳарорати 25 ^oC, (расми 3.2.) сохта шуд.

Тавре ки аз тарҳи диаграмма бармеояд, «аз 10 хатти моновариантие, ки сарҳади майдонҳои ҳалшавии фазаҳои сахтро муайян мекунанд, 5-тои онҳо дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ ташаккул ёфтаанд ва дар диаграмма бо хатҳои пунктирӣ нишон дода шудаанд» [118, с. 108]. Таркиби

фазавии ин хатҳо ба маҷмӯи фазаҳои сахте мувофиқат мекунад, ки дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ дар ҳолати мувозинат қарор доранд. 5 хатти дигари моновариантӣ байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ мегузаранд ва дар диаграмма бо хатҳои бефосилаи ғафс ишора гардидаанд.



Расми 3.2. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O дар ҳарорати 25 °C дар сатҳи чоркомпонентагӣ

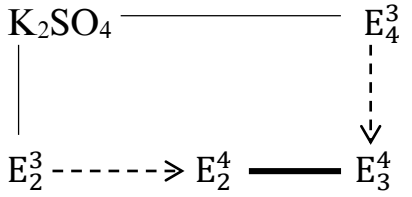
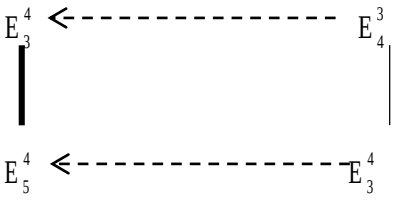
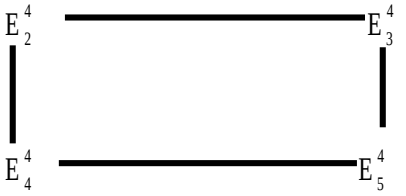
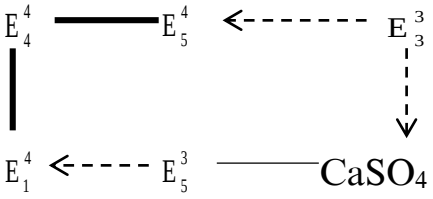
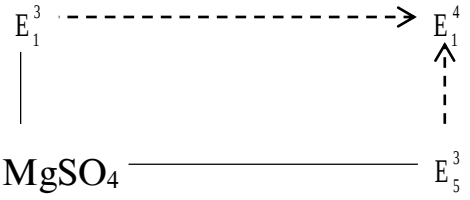
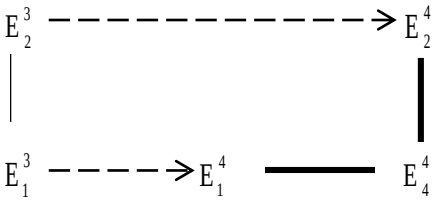
Барои онҳо чунин фазаҳои сахти мувозинатӣ хос мебошанд:

$$E_1^4\ \frac{Ше + Гп}{}\ E_4^4; \qquad E_2^4\ \frac{Ше + Пг}{}\ E_4^4; \qquad E_2^4\ \frac{Ар + Пг}{}\ E_3^4;$$

$$E_3^4\ \frac{Пг + Сн}{}\ E_5^4; \qquad E_4^4\ \frac{Пг + Гп}{}\ E_5^4;$$

Дар ҷадвали 3.2. фрагментатсияи ҳудудҳои майдонҳои дивариантии расми 3.2, ки бо усули транслятсия дар ҳарорати 25 °C сохташуда оварда шудааст.

Ҷадвали 3.2. – Фазаҳои сахти дар мувозинат буда ва ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O дар ҳарорати 25 °C

Фазаҳои сахти дар мувозинатбудаи майдонҳо	Ҳудудҳои майдонҳои кристаллизатсия дар диаграмма
Ар	
Сн	
Пг	
Гп	
Эпс	
Ше	

Бо баландшавии ҳарорат аз 0 °C то 25 °C аз ҳисоби баҳамтаъсиркунии байни компонентҳои система пайдошавии фазаи сахти нави полигалит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ба назар мерасад, ки ин ба зиёдшавии

шаклҳои геометрӣ ва мураккаб гаштани диаграммаи сарбастаи ин система дар ҳарорати мазкур оварда мерасонад.

Таҳлили сохтори геометрии диаграмма (расми 3.2.) ва ҳудудҳои майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои сахти дар мувозинат буда (ҷадвали 3.2) нишон медиҳад, дар ин ҳарорат низ майдони ҳалшавандагии полигалит мавқеи хос дошта, қариб бо ҳамаи майдонҳои дигари диаграмма ҳамсарҳад аст. Ин аломати камҳалшавандагии полигалит буда, сабаби қисми зиёди майдони диаграммаро ишғол кардани он мегардад.

Муқоисаи шаклҳои геометрии диаграммаҳои мувозинати фазагии системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳароратҳои 0 ^oC ва 25 ^oC оварда шудаанд.

Шаклҳои геометрӣ	Ҳарорати 0 ^oC	Ҳарорати 25 ^oC
Нуқтаҳои нонвариантӣ	3	5
Хатҳои моноварианти	7	10
Майдонҳои дивариантӣ	5	6

Чи хеле, ки дида мешавад, шумораи элементҳои геометрӣ дар ҳарорати 25 ^oC нисбат ба ҳарорати 0 ^oC зиёдтар аст. Сабаб дар он аст, ки бо баландшавии ҳарорат дар байни компонентҳои система баҳамтаъсиркунии химиявӣ ба амал омада фазаи сахти полигалит пайдо мегардад.

3.2. Системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O

Таҳлили адабиёти мавҷуда [77-79] нишон медиҳад, ки системаи чоркомпонентаи мазкур дар ҳарорати 25 ^oC бо усули ҳалшавандагӣ омӯхта нашуда, диаграммаи мувозинатҳои фазагии он низ сохта нашудааст. Аз ҳамин лиҳоз, барои муайян намудани мувозинатҳои фазагӣ ва сохтани диаграммаи сарбастаи схемагии мувозинатҳои фазагии ин система мо аз далелҳои ҳалшавандагӣ дар зерсистемаҳои секомпонентаи таркибии он истифода бурдем. Системаи татқиқшавандаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O аз се системаи секомпонентаи зерин иборат аст: Ca,Mg//CO_3-H_2O; K,Ca//CO_3-H_2O; K,Mg//CO_3-H_2O, ки аз онҳо “системаҳои

Ca,Mg//CO_3-H_2O; K,Ca//CO_3-H_2O бо усули ҳалшавандагӣ нисбатан хуб омӯхта шудаанд” [78, с. 1054]. Таҳлили адабиёт нишон дод, ки “системаи K,Mg//CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC омӯхта нашудааст. Аз ин рӯ, барои системаи мазкури секомпонента як нуқтаи нонвариантӣ дар шакли эвтоникӣ қабул гардидааст. Нуқтаҳои нонвариантӣ ва маҷмӯи фазаҳои сахти дар ҳолати мувозинат қарордошта барои сатҳи секомпонентагӣ” [78 – 79] дар ҷадвали 3.3 пешниҳод шудаанд.

Ҷадвали 3.3. – Нуқтаҳои нонвариантии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаашон дар сатҳи секомпонентагӣ

Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
Системаи K,Ca//CO_3-H_2O		Системаи Ca,Mg//CO_3-H_2O	
E_1^3 E_2^3	K·1,5+K·Ca Cc+ K·Ca	E_3^3 E_4^3	Cc+Mg·Ca Mg·Ca +M·3
Системаи K,Mg//CO_3-H_2O			
E_5^3	K·1,5+ M·3		

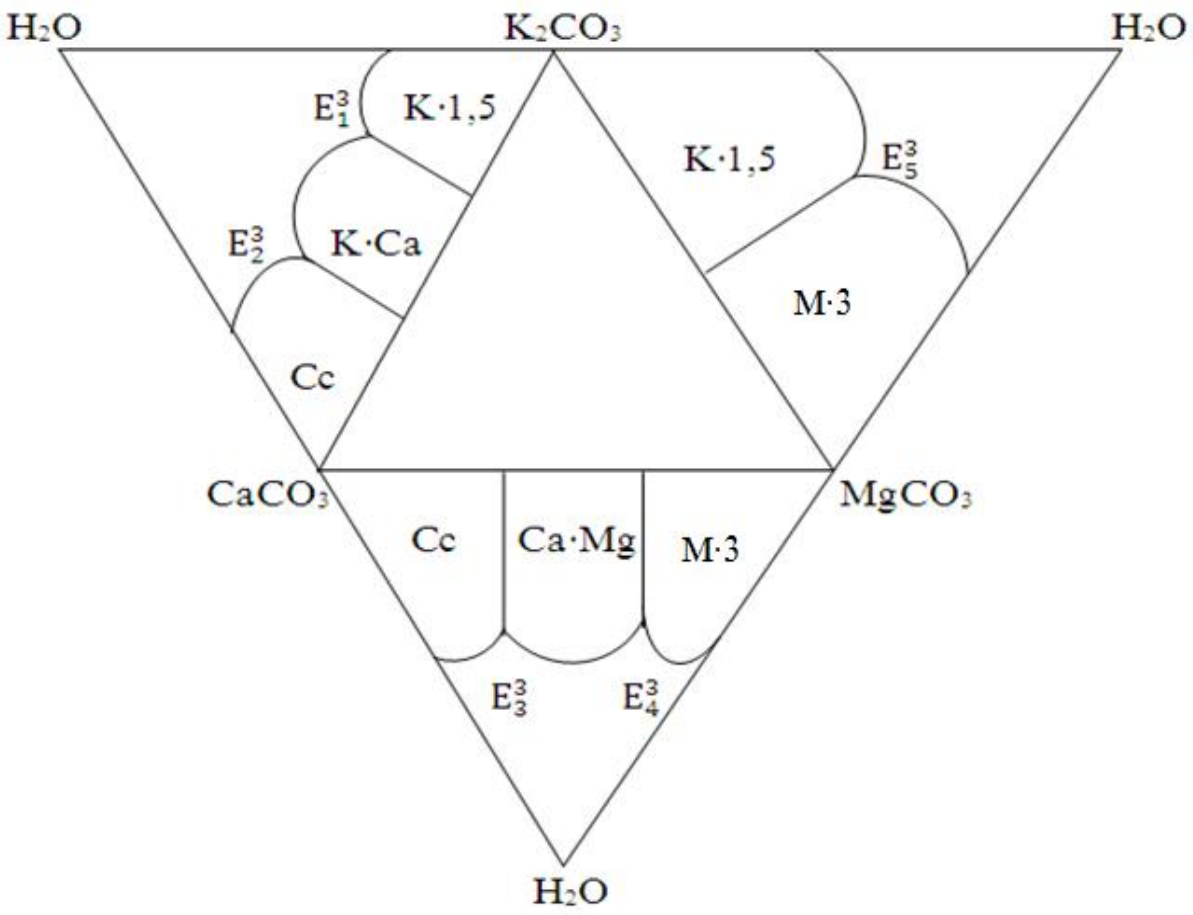
Бо истифода аз маълумотҳои ҷадвали 3.3. сохтори геометрии диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC дар сатҳи секомпонентагӣ, ба шакли призмаи «кушода» сохта шуда дар расми 3.3. оварда шудааст.

Ҳангоми гузаронидани нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ чунин нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента ҳосил мешаванд:

E_1^3 +Ca·Mg ⟶ E_6^4=K·Ca+K·1,5+Ca·Mg;

E_4^3+E_5^3 ⟶ E_7^4=Ca·Mg+M·3+ K·1,5;

E_2^3+E_3^3 ⟶ E_8^4=Cc+K·Ca+Ca·Mg.



Расми 3.3. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC дар сатҳи секомпонентагӣ

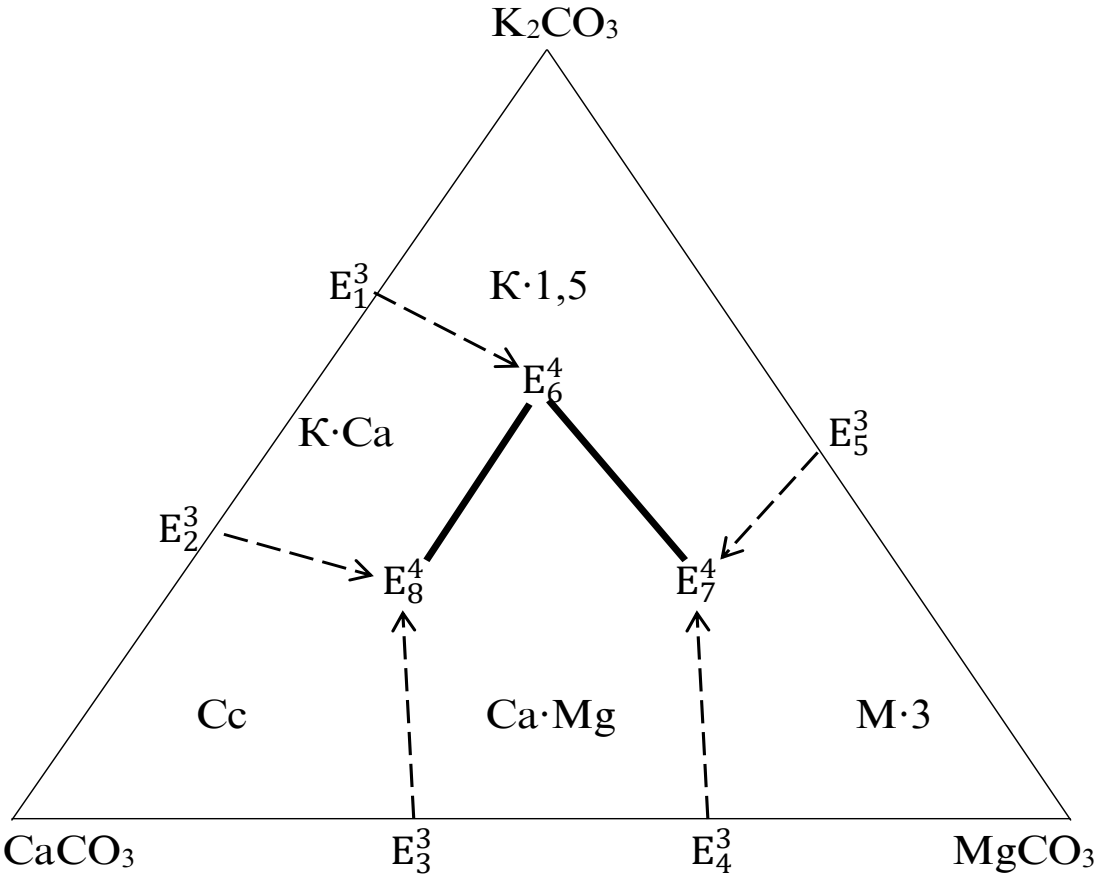
Дар ҳамин асос диаграммаи сарбастаи схемагии мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O, барои ҳарорати 25 ^oC, сохта шудааст (расми 3.4.) .

“Фазаҳои сахти мувозинатие, ки ба онҳо мансубанд, бо маҷмӯи фазаҳои сахти мувозинатии нуқтаҳои нонвариантии транслятсияшуда мувофиқат доранд. Ду хати моноварианти, ки байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ мегузаранд, дар диаграмма бо хатҳои ғафси яклухт нишон дода шудаанд” [121, с. 190]. Барои ин хатҳо чунин фазаҳои сахти мувозинатӣ хос мебошанд:

E_6^4 ——— E_7^4 = К·1,5+ Ca·Mg; E_6^4 ——— E_8^4 = К·Ca + Ca·Mg.

Барои системаи мазкур дар ҳарорати 25^oC 3 нуқтаи нонвариантӣ, 7 хатти моноварианти ва 5 майдони дивариантӣ хос мебошад. Бо баландшавии ҳарорат аз 0 ^oC то 25 ^oC аз ҳисоби баҳамтаъсиркунии байни компонентҳои система пайдошавии фазаи сахти нави К·Ca- (K_2CO_3·$CaCO_3$)

ба назар мерасад, ки ин ба зиёдшавии шаклҳои геометрӣ ва мураккаб гаштани диаграммаи сарбастаи ин система дар ҳарорати мазкур оварда мерасонад.



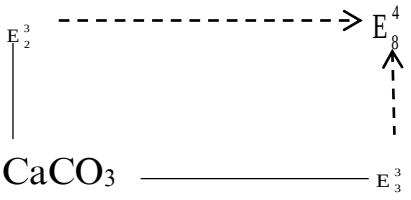
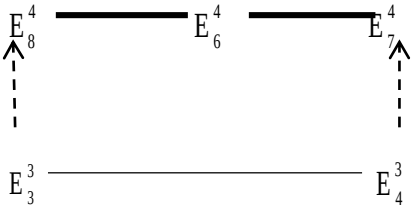
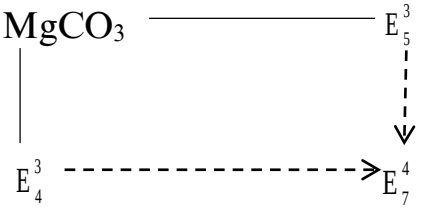
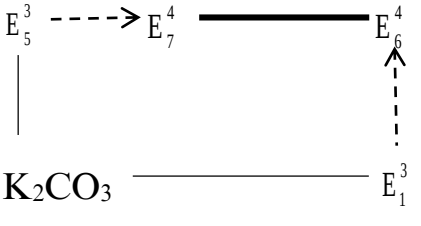
Расми 3.4. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Муқоисаи шаклҳои геометрии диаграммаҳои мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳароратҳои 0 °C (расми 2.4.) ва ҳарорати 25 °C (расми 3.4.) оварда шудаанд.

Шаклҳои геометрӣ	Ҳарорати 0 °C	Ҳарорати 25 °C
Нуқтаҳои нонвариантӣ	2	3
Хатҳои моновариантӣ	5	7
Майдонҳои дивариантӣ	4	5

Ҳудудҳои фрагменти диаграммаи мувозинатҳои фазагии бо усули транслятсия сохташудаи мазкур дар ҳарорати 25 °С ҳудудҳои зерини майдонҳои дивариантиро нишон медиҳад (ҷадвали 3.4.).

Ҷадвали 3.4. – Фазаҳои сахти дар мувозинатбуда ва ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °С

Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Ҳудуди майдони кристаллизатсия дар диаграмма (расми 3.4)
Cc	
K·Ca	
Ca·Mg	
M·3	
K·1,5	

Аввалин маротиба сохтори ин система дар ҳарорати 25 °С аз ҷониби мо сохта шуда, натиҷаҳои он дар маҷалаҳои илмӣ [92-93] ва таҳлили муқоисавии он бо ҳарорати 0 °С [94] баррасӣ шудаанд.

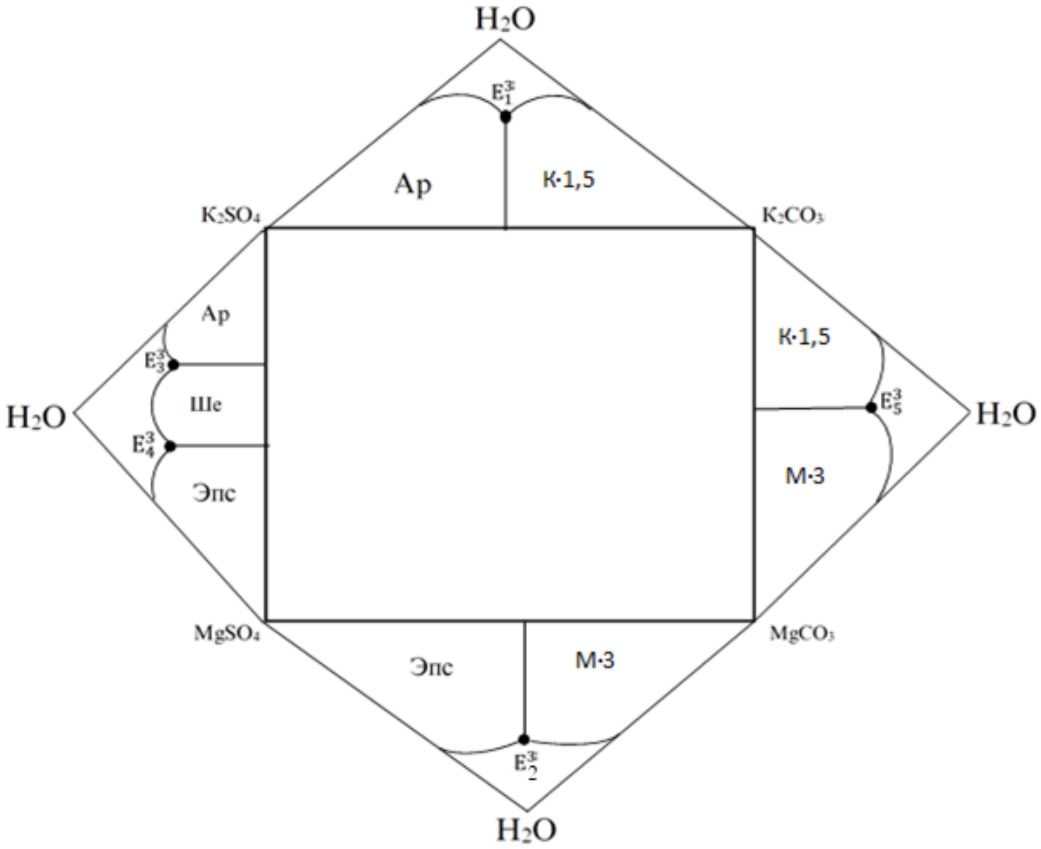
3.3. Системаи чоркомпонентаи К,Mg //SO_4,CO_3-H_2O

Системаи татқиқшавандаи чоркомпонентаи К,Mg/SO_4,CO_3-H_2O аз чор системаи химиявии секомпонентаи зерин иборат аст: К,Mg//SO_4-H_2O; К//SO_4,CO_3-H_2O; Mg//SO_4,CO_3-H_2O ва К,Mg//CO_3-H_2O. Таҳлили адабиёти мавҷуда [78-79] нишон медиҳад, ки системаи чоркомпонентаи мазкур дар ҳарорати 25 ^oC бо усули ҳалшавандагӣ омӯхта нашудааст ва диаграммаи мувозинатҳои фазагии он низ сохта нашудааст. “Барои пешбинӣ ва тарҳрезии диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи мазкур, аз маълумоти марбут ба нуқтаҳои нонвариантии мувозинатҳои фазагии системаҳои секомпонентаи таркибдиҳандаи он истифода гардид” [86, с. 12]. Ҳамзамон, фазаҳои сахти дар мувозинат қарордошта барои системаи К,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар сатҳи секомпонентагӣ ба инобат гирифта шуданд. Маҷмӯи ин маълумот дар ҷадвали 3.5 ҷамъбаст ва пешниҳод шудааст.

Ҷадвали 3.5. – Нуқтаҳои нонвариантии системаи К,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC бо фазаҳои сахти дар мувозинат буда, дар сатҳи секомпонентагӣ

Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
Системаи К//SO_4,CO_3-H_2O		Системаи К,Mg//SO_4-H_2O	
E_1^3	Ар+К·1,5	E_3^3 E_4^3	Ар+Ше Ше+Эпс
Системаи Mg//SO_4,CO_3-H_2O		Системаи К,Mg//CO_3-H_2O	
E_2^3	Эпс + М·3	E_5^3	К·1,5+М·3

Дар асоси маълумоти ҷадвали 3.5 диаграммаи схематикии мувозинатҳои фазавии системаи К,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °С дар сатҳи секомпонентагӣ таҳия шуда, дар шакли призмаи кушода тасвир ва дар расми 3.5 пешниҳод гардидааст.



Расми 3.5. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Ҳангоми транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента, нуқтаҳои нави нонвариантии сатҳи чоркомпонента ба вуҷуд меоянд, ки чунинанд:

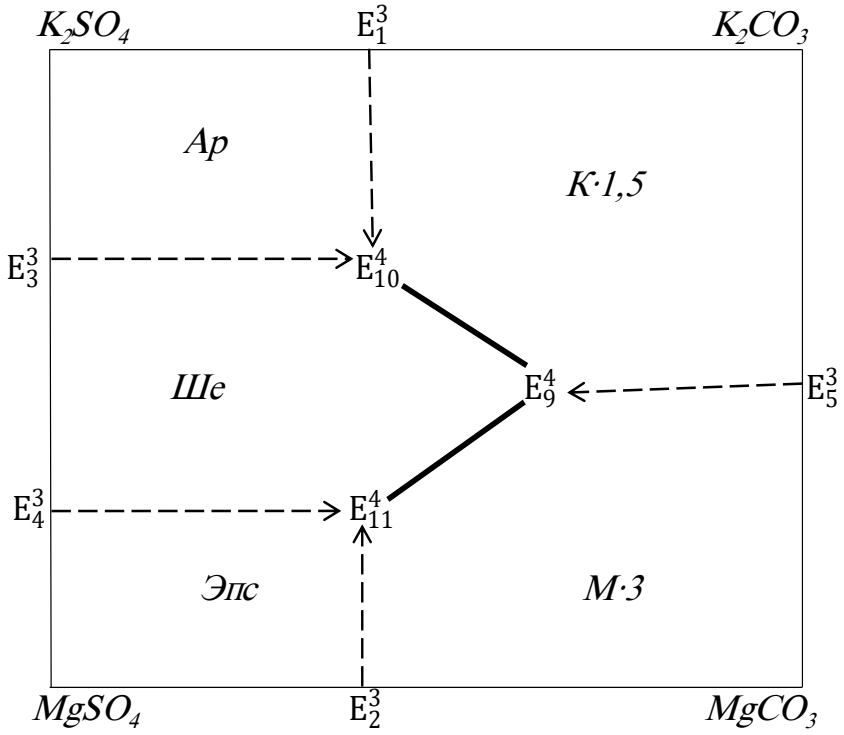
E_5^3+Ше $\longrightarrow E_9^4$=Ше+К·1,5+М·3;

$E_1^3+E_3^3 \longrightarrow E_{10}^4$= Ар+Ше+К·1,5;

$E_2^3+E_4^3 \longrightarrow E_{11}^4$=Ше+Эпс+М·3.

Дар ҳамин асос диаграммаи схемагии мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C, сохта шуд (расми 3.6.).

Диаграммаи пурраи системаи чоркомпонентаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C бо такя ба маълумоти адабиёт ва бо истифода аз усули транслятсия таҳия гардидааст. Тавре ки аз таҳлили сохтори он бармеояд, система дорои 3 нуқтаи нонвариантӣ, 7 хатти моновариантӣ ва 5 майдони дивариантӣ мебошад, ки ҳар кадоми онҳо хусусиятҳои хоси худро доранд [95].



Расми 3.6. – Диаграммаи схемагии мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Аз 3 нуқтаи нонвариантие, ки дар сатҳи чоркомпонента ҳосил шудааст, дутоаш (E_{10}^4, E_{11}^4) дар натиҷаи транслятсияи дутарафа ва яктоаш (E_9^4) дар натиҷаи транслятсияи яктарафа ҳосил шудааст. Чуноне, ки аз расм дида мешавад, ҳамаи элементҳои диаграммаи системаи тадқиқшаванда сарбаст шудаанд, ки он нишондиҳандаи асосии эътимоднокии диаграммаи сохташуда мебошад.

Ҳудудҳои фрагменти диаграммаи мувозинатҳои фазагии бо усули транслятсия сохташудаи мазкур дар ҳарорати 25 °C сарҳадҳои зерини майдонҳои дувариантиро нишон медиҳанд (ҷадвали 3.6).

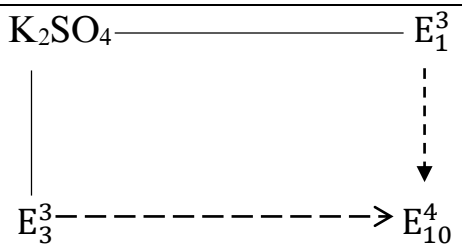
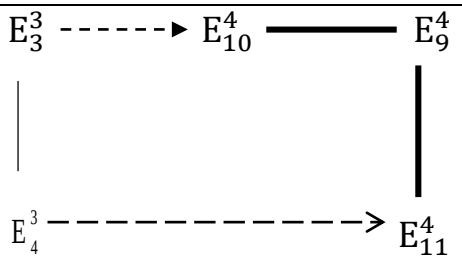
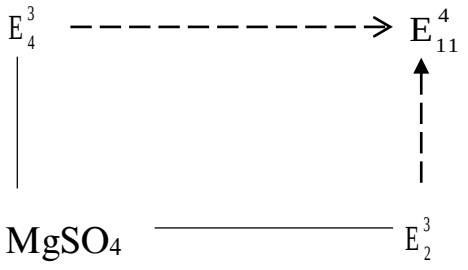
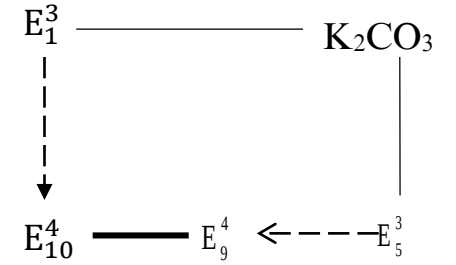
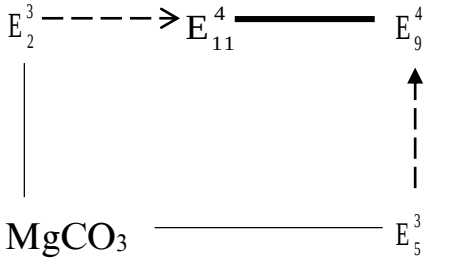
Муқоисаи сохтори диаграммаҳои мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи K,Mg//SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳароратҳои 0 °C (расми 2.6.) ва 25 °C (расми 3.6.) нишон медиҳад, ки барои онҳо ададҳои якхелаи элементҳои геометрӣ хос мебошад.

Сабабаш дар он аст, ки бо баландшавии ҳарорат дар байни компонентҳои система таъсиркунии химиявӣ ба амал намеояд, яъне фазаи нав ҳосил намешавад. Танҳо фазаи $MgSO_4 \cdot 12H_2O$ дар ҳарорати 25 °C

қисман беоб гардида ба Эпс-эпсомит $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ва $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ қисман беоб гардида ба $K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O$ табдил меёбанд.

Муқоисаи сохтори ин система дар ҳароратҳои 0 ва 25 °С дар конференсияҳои байналмилалӣ [87] аз муҳокима гузаштаанд.

Ҷадвали 3.6. – Фазаҳои сахти дар мувозинат буда ва ҳудудҳои майдонҳои дувариантии системаи $K,Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$ дар ҳарорати 25 °С

Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳо	Ҳудудҳои майдонҳои кристаллизатсия дар диаграмма (расми 3.3.2.)
Ар	
Ше	
Эпс	
К·1,5	
М·3	

3.4. Системаи чоркомпонентаи $Ca,Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$

Барои муайян намудан ва сохтани диаграммаҳои мувозинатҳои фазагии системаи $Ca,Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$ донистани қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии системаҳои секомпонентаи онро ташкилдиҳанда зарур мебошад. Таҳлилҳои адабиёт [77–79] гувоҳӣ медиҳанд, ки системаҳои секомпонентае, ки таркиби ин системаи чоркомпонентаро ташкил медиҳанд, нисбатан хуб омӯхта шудаанд. Аз ин рӯ, мо бо такя ба маълумоти мавҷуда диаграммаҳои мувозинатҳои фазавии онҳоро таҳия ва тарҳрезӣ намудем. Системаи чоркомпонентаи таҳқиқшаванда аз системаҳои секомпонентаи $Ca,Mg//SO_4\text{-}H_2O$; $Ca,Mg//CO_3\text{-}H_2O$; $Ca//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$ ва $Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$ ташкил ёфтааст. Нуқтаҳои нонвариантӣ ва маҷмӯи фазаҳои сахти дар ҳолати мувозинат қарордошта барои системаи $Ca,Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$ дар сатҳи секомпонентагӣ дар ҷадвали 3.7 пешниҳод шудааст.

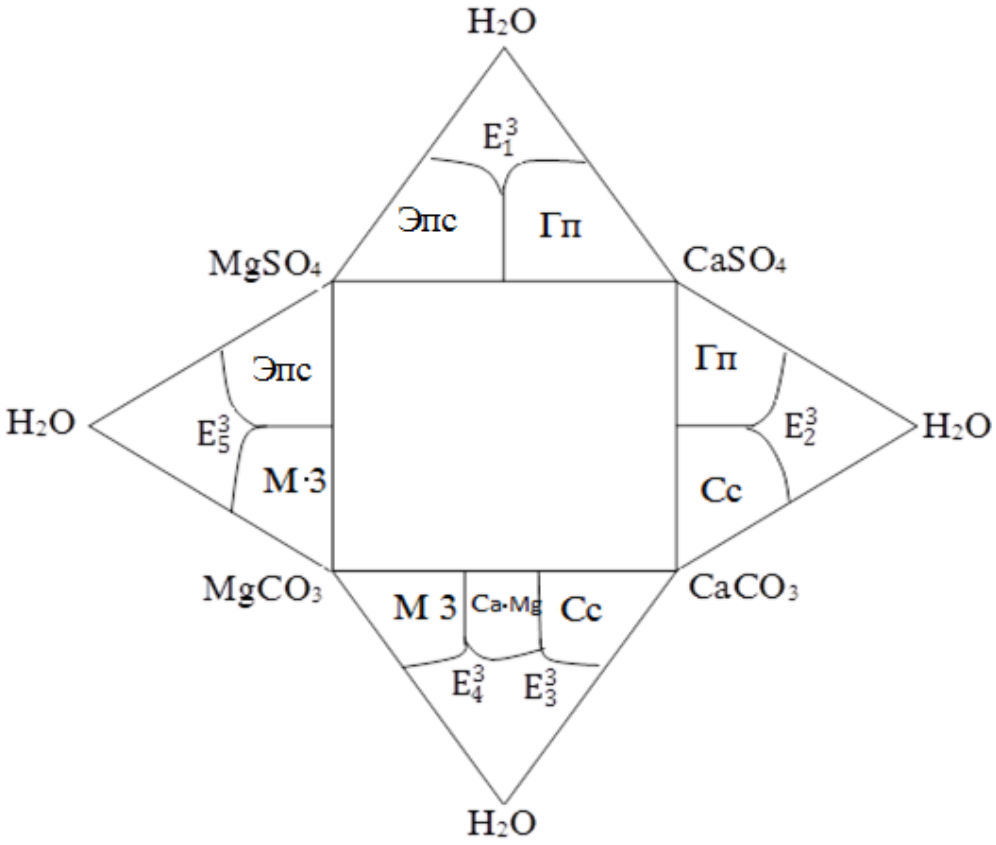
Ҷадвали 3.7. – Нуқтаҳои нонвариантӣ, бо фазаҳои сахти дар мувозинат будаи системаи $Ca,Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$ барои ҳарорати 25 °C

Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
Системаи $Ca,Mg//SO_4\text{-}H_2O$		Системаи $Ca,Mg//CO_3\text{-}H_2O$	
E_1^3	Эпс+Гп	E_3^3 E_4^3	Ca·Mg+Cc M·3+Ca·Mg
Системаи $Ca//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$		Системаи $Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$	
E_2^3	Гп + Сс	E_5^3	Эпс+M·3

Дар асоси далелҳои ҷадвали 3.7. диаграммаи схемагии мувозинатҳои фазагии системаи $Ca,Mg//SO_4,CO_3\text{-}H_2O$ барои ҳарорати 25°C дар сатҳи секомпонентагӣ, ба шакли призмаи кушода, сохта шудаанд (расми 3.7).

Чи хеле, ки аз диаграммаи дар шакли пирамидаи кушода сохташуда дида мешавад, танҳо системаи $Ca,Mg//CO_3\text{-}H_2O$ дорои ду нуқтаи нонвариантӣ буда, барои се системаи химиявии дигар $Ca,Mg//SO_4\text{-}H_2O$;

Ca//SO_4,CO_3-H_2O; Mg//SO_4,CO_3-H_2O яктоги нуқтаи нонвариантӣ хос мебошанд.



Расми 3.7. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC дар сатҳи секомпонентагӣ

Ҳангоми интиқоли нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента, нуқтаҳои нонвариантии зерини сатҳи чоркомпонента ҳосил мешаванд, ки ифодаи шакли математикии онҳо чунин аст:

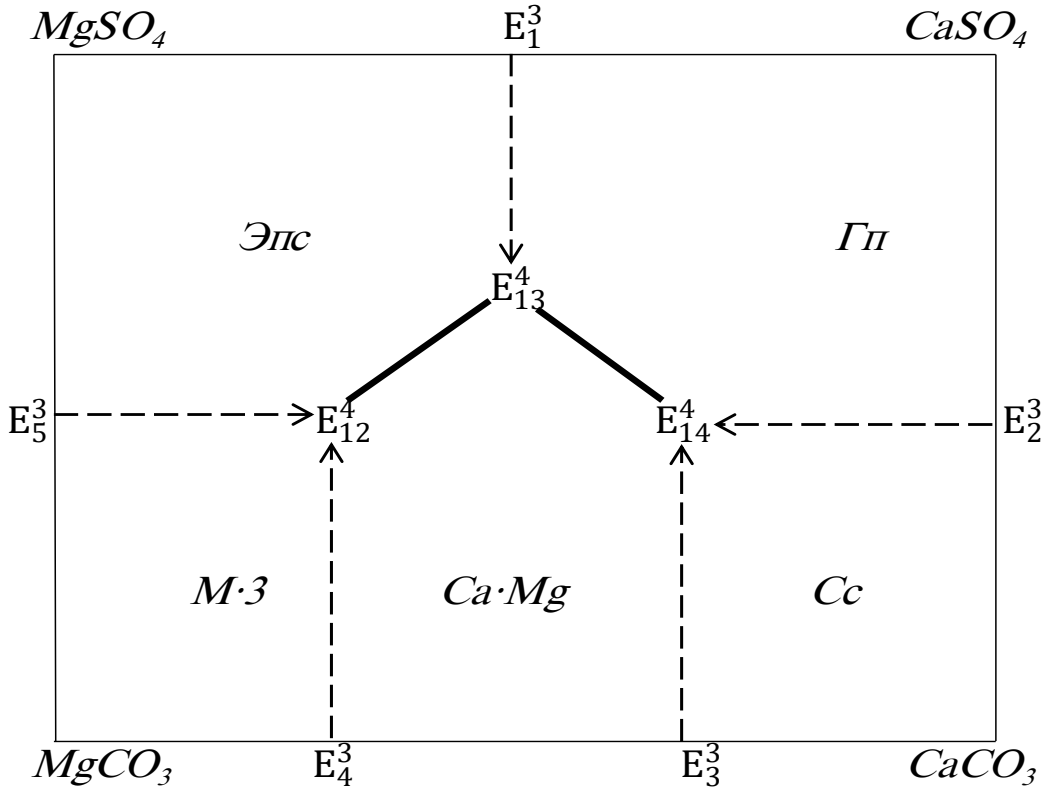
$E_4^3+E_5^3 \dashrightarrow E_{12}^4$=Эпс+ Ca·Mg +M·3;

E_1^3+ Ca·Mg $\dashrightarrow E_{13}^4$= Гп+Эпс+ Ca·Mg;

$E_2^3+E_3^3 \dashrightarrow E_{14}^4$=Гп+Cc +Ca·Mg.

Аз таҳлили ифодаҳои математикӣ бармеояд, ки нуқтаҳои нонвариантии E_{12}^4 ва E_{14}^4 дар натиҷаи интиқоли дутарафаи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентаи системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O ба сатҳи чоркомпонента ба вуҷуд меоянд, нуқтаи E_{13}^4 бошад дар натиҷаи интиқоли яктарафа ташаккул меёбад. Бо такя ба ин хулосаҳо, диаграммаи

сарбастаи схемавии мувозинатҳои фазагии системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °С таҳия гардидааст (расми 3.8).

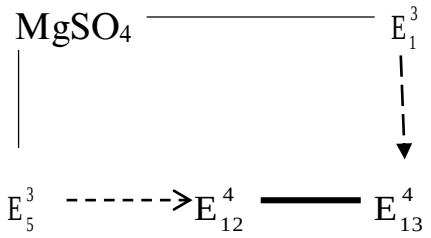
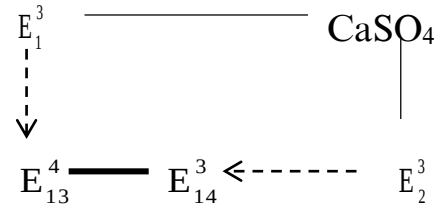
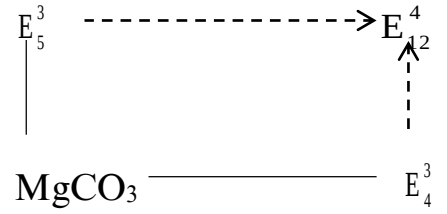
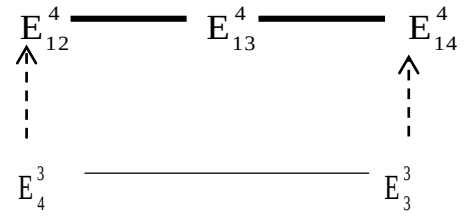
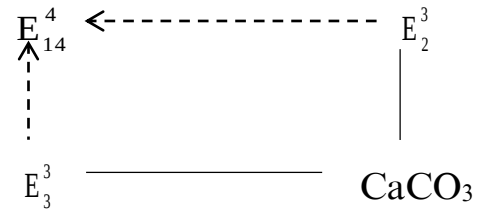


Расми 3.8. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °С, ки бо усули транслятсия сохта шудааст

“Аз тарҳи диаграмма бармеояд, ки аз 7 хатти моновариантие, ки сарҳади майдонҳои ҳалшавии фазаҳои сахтро муайян мекунанд, 5-тои онҳо дар натиҷаи интиқоли нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба вуҷуд омадаанд ва дар диаграмма бо хатҳои пунктирӣ нишон дода шудаанд. 2 хатти моновариантии дигараш аз байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента гузашта бо хатҳои ғафси сиёҳ ишора шудаанд” [96, с. 44]. Таҳлили сохтори диаграмма мувозинатии системаи мазкур дар ҳарорати 25 °С нишон медиҳад, ки майдони кристаллизатсияи доломит (Ca·Mg) бо ҳама майдонҳои дигар ҳамсарҳад мебошад. Ин нишон медиҳад, ин фаза нисбат ба дигар фазаҳо камҳалшаванда мебошанд.

Ҳудудҳои фрагменти диаграммаи мувозинатҳои фазагии бо усули транслятсия сохташудаи системаи мазкур дар ҳарорати 25 °С сарҳадҳои зерини майдонҳои дивариантиро нишон медиҳанд (ҷадвали 3.8.).

Ҷадвали 3.8. – Фазаҳои сахти дар мувозинат буда ва ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C

Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Ҳудуди майдони кристаллизатсия дар диаграмма (расми 3.8)
Эпс	
Гп	
М·3	
Са·Mg	
Сс	

Муқоисаи сохтори диаграммаҳои мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи иборат аз карбонатҳову сулфатҳои калтсий ва магний дар ҳароратҳои 0 °C ва 25 °C нишон медиҳад, ки барои онҳо миқдори якхелаи элементҳои геометрӣ хос мебошанд.

Элементҳои геометрӣ	Ҳарорати 0 °C	Ҳарорати 25 °C
Нуқтаҳои нонвариантӣ	3	3
Хатҳои моновариантӣ	7	7
Майдонҳои дивариантӣ	5	5

Сабаб дар он аст, ки бо баландшавии ҳарорат дар байни компонентҳои система баҳамтаъсиркунии химиявӣ ба амал намеояд ва танҳо фазаи М·12-$MgSO_4$·12H_2O, дар ҳарорати 25°С қисман беоб гардида ба Эпс-эпсомит $MgSO_4$ ·7H_2O табдил меёбад.

Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагии системаи Ca,Mg//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳароратҳои 0 ва 25°С, ки бо усули транслятсия сохташуда мавриди муҳокима мутахассисони соҳа гардида, дар маҷаллаҳои илмӣ ва конференсияҳо нашр гардидааст [96].

3.5. Системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O

Барои муайян кардани мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O бо истифода аз усули транслятсия, пеш аз ҳама, донистани қонуниятҳои мувозинати фазавии системаҳои секомпонентае, ки онро ташкил медиҳанд, зарур мебошад. “Таҳлили адабиёти мавҷуда нишон медиҳад, ки ин системаҳои секомпонента нисбатан пурра омӯхта шудаанд. Аз ин рӯ, мо бо такя ба маълумоти дастрасшуда диаграммаҳои мувозинатҳои фазавии онҳоро таҳия намудем” [78, с. 809].

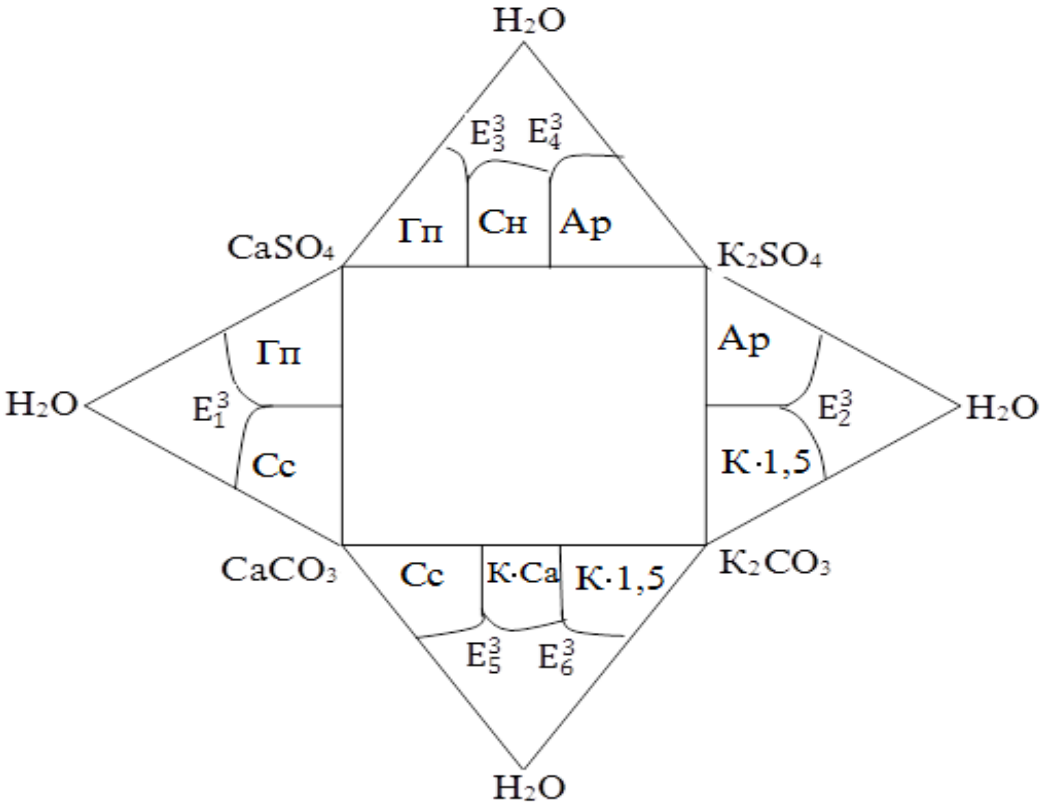
Системаи чоркомпонентаи таҳқиқшаванда аз системаҳои секомпонентаи: K//SO_4,CO_3-H_2O; K,Ca//SO_4-H_2O; Ca//SO_4,CO_3-H_2O; K,Ca//CO_3-H_2O; ташкил ёфтааст, ки аз онҳо K,Ca//SO_4-H_2O; K//SO_4,CO_3-H_2O; Ca//SO_4,CO_3-H_2O бо усули ҳалшавандагӣ нисбатан хуб омӯхта шудаанд. Системаи K,Ca//CO_3-H_2O бо усули ҳалшавандагӣ омухта нашудааст. Барои системаи мазкур дар ин ҳарорат як нуқтаи нонвариантиро эвтоникӣ қабул намудем. Нуқтаҳои нонвариантии бо фазаҳои сахти дар мувозинатбудаи ситемаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O, барои сатҳи секомпонентагӣ, дар ҷадвали 3.9. оварда шудаанд.

Ах таҳлили муқоисавии системаи мазкур бармеояд, ки бо баландшави ҳарорат то 25°С дар таркиби фазаҳои сахти мувозинатӣ пайдошавии фазаи сахти нав К·Ca-(K_2CO_3·$CaCO_3$), ба назар мерасад, ки мувофиқи принсипҳои таҳлили физико-химиявӣ [1] боиси зиёд шудани элементҳои геометрӣ (барои ҳарорати 25 °С) дар диаграмма мегардад.

Ҷадвали 3.9. – Нуқтаҳои нонвариантии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C, сатҳи секомпонентагӣ

Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
Системаи Ca//SO_4,CO_3-H_2O		Системаи K,Ca//SO_4-H_2O	
E_1^3	Гп+Сс	E_3^3	Гп+Сс
Системаи K,Ca//CO_3-H_2O		E_4^3	Сн+Ар
E_2^3	Ар+ К·1,5	Системаи K,Ca//CO_3-H_2O	
		E_5^3	К·Ca+Сс
		E_6^3	К·Ca+ К·1,5

Бо такя ба маълумоти ҷадвали 3.9, диаграммаи схемавии мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C дар сатҳи секомпонентагӣ, мувофиқи манбаи [81], дар шакли призмаи кушода таҳия гардида, дар расми 3.9 пешниҳод шудааст.



Расми 3.9. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C дар сатҳи секомпонентагӣ

Ҳамин тавр, дар натиҷаи интиқоли нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонента 4-нуқтаи нонвариантии ин сатҳ ҳосил мешавад, аз онҳо 2-тоаш аз ҳисоби интиқоли дутарафа ва 2-тои дигараш дар натиҷаи интиқоли яктарафа ҳосил шудаанд, ки онро бо ифодаи математикӣ чунин навиштан мумкин аст:

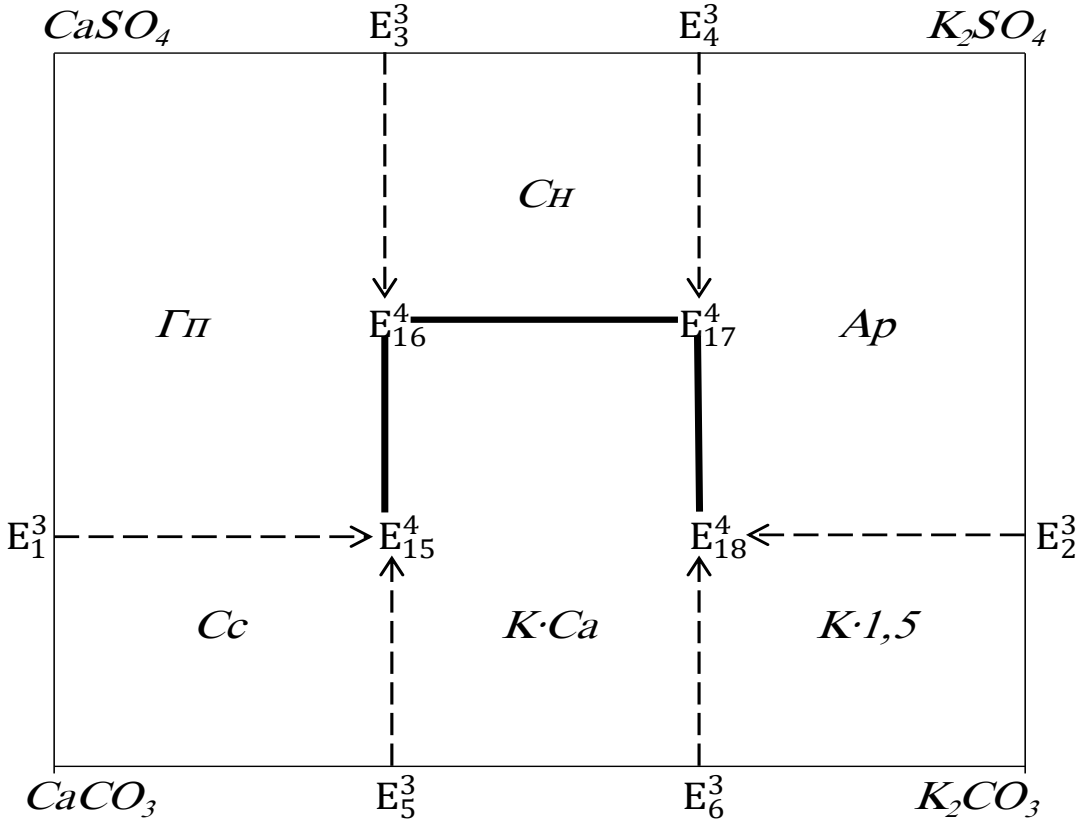
$$E_1^3 + E_5^3 \dashrightarrow E_{15}^4 = Гп + Сс + K \cdot Ca;$$

$$E_3^3 + K \cdot Ca \dashrightarrow E_{16}^4 = Сн + Гп + K \cdot Ca;$$

$$E_4^3 + K \cdot Ca \dashrightarrow E_{17}^4 = Сн + Ар + K \cdot Ca;$$

$$E_2^3 + E_6^3 \dashrightarrow E_{18}^4 = K \cdot Ca + Ар + K \cdot 1,5.$$

Дар ҳамин асос диаграммаи схемагии мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C, сохта шудааст (расми 3.10).



Расми 3.10. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C, ки бо усули транслятсия сохта шудааст

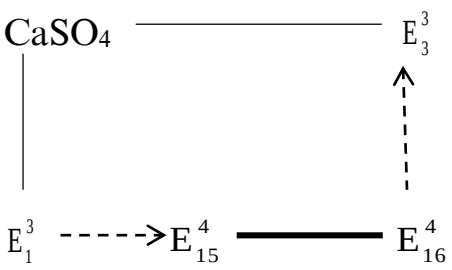
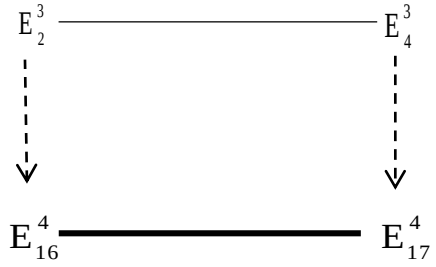
Аз сохтори диаграммаи овардашуда (расми 3.10.) айён аст, ки аз 9-хатти моновариантии майдонҳои фазаҳои сахти арканит К·1,5-(K_2CO_3·1,5) калтсит Сс-($CaCO_3$), сингенит Сн-(K_2SO_4·$CaSO_4$·H_2O), гипс Гп-($CaSO_4$·$2H_2O$) ва К·Са(K_2CO_3·$CaCO_3$)-ро маҳдуд кардаанд, 6-тоашон зимни гузариши нуқтаҳои нонвариантии зерсатҳи система ба сатҳи навбатӣ ҳосил гардида, дар диаграмма бо хатҳои фосиладор (пунктирӣ) ишора шудаанд. Таркиби фазавии онҳо ба таркиби фазаҳои сахти дар мувозинатбудаи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ мувофиқанд. 3-хатти дигари яквариантӣ дар байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ гузашта, фазаҳои сахти мувозинатиашон чунин аст:

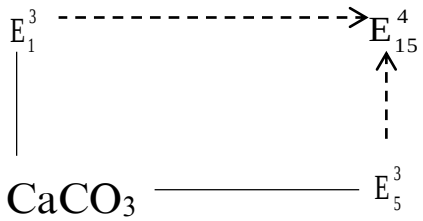
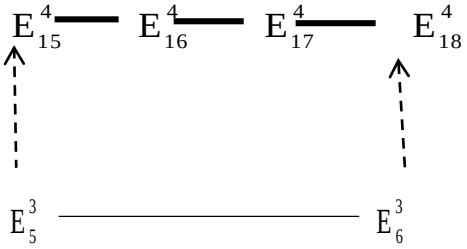
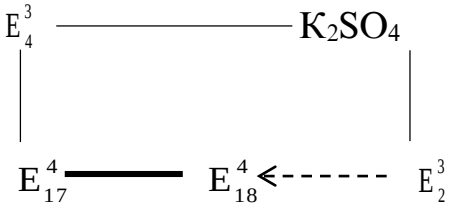
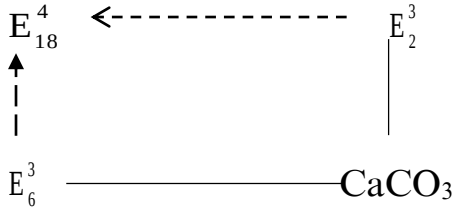
E^4_{15} ——— E^4_{16} = Гп+К·Са; E^4_{16} ——— E^4_{17} = Сн +К·Са;

E^4_{17} ——— E^4_{18} = Ар+ К·Са.

Дар диаграмма ин хатҳо бо хатҳои ғафс нишон дода шудаанд. Қисмати ҳудудии диаграммаи мувозинатҳои фазавӣ, ки бо усули транслятсия дар ҳарорати 25 °С таҳия гардидааст, сарҳадҳои зерини майдонҳои дивариантиро фаро мегирад (ҷадвали 3.10).

Ҷадвалии 3.10. – Фазаҳои сахти дар мувозинат буда ва ҳудудҳои майдонҳои дивариантии системаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C

Фазаҳои сахти дар мувозинат буда	Ҳудуди майдони кристаллизатсия дар диаграмма (расми 3.10)
Гп	
Сн	

Идомаи ҷадвали 3.10.	
Сс	
К·Са	
Ар	
К·1,5	

Чи хеле, ки аз структураи диаграмма (расми 3.10.) ва ҳудуди майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои сахти дар мувозинат буда (ҷадвали 3.10) дида мешавад, дар ин ҳарорат низ майдони ҳалшавандагии К·Са бо ҳамаи майдонҳои дигар ҳамсарҳад аст. Ин аломати камҳалшавандагии К·Са буда, сабаби қисми зиёди майдони диаграммаро ишғол кардани он мегардад.

Муқоисаи шаклҳои геометрии диаграммаҳои мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи K,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳароратҳои 0 °C ва 25°C оварда шудаанд.

Элементҳои геометрӣ	Ҳарорати 0 °C	Ҳарорати 25 °C
Нуқтаҳои нонвариантӣ	3	4
Хатҳои яквариантӣ	7	9
Майдонҳои дуваринтӣ	5	6

3.6. Системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O

“Системаи панҷкомпонентаи омӯхташаванда бо худ системаи чоркомпонентаи зеринро дар бар мегирад: K,Mg,Ca//SO_4-H_2O; K,Mg,Ca//CO_3-H_2O; K,Mg //SO_4,CO_3-H_2O; Ca,Mg//SO_4, CO_3-H_2O ва K,Ca//SO_4, CO_3-H_2O. Онҳо дар корҳои пешинаи мо бо методи транслятсия омухта шуда [82 -94], пура муҳокима шудаанд” [90, с. 72].

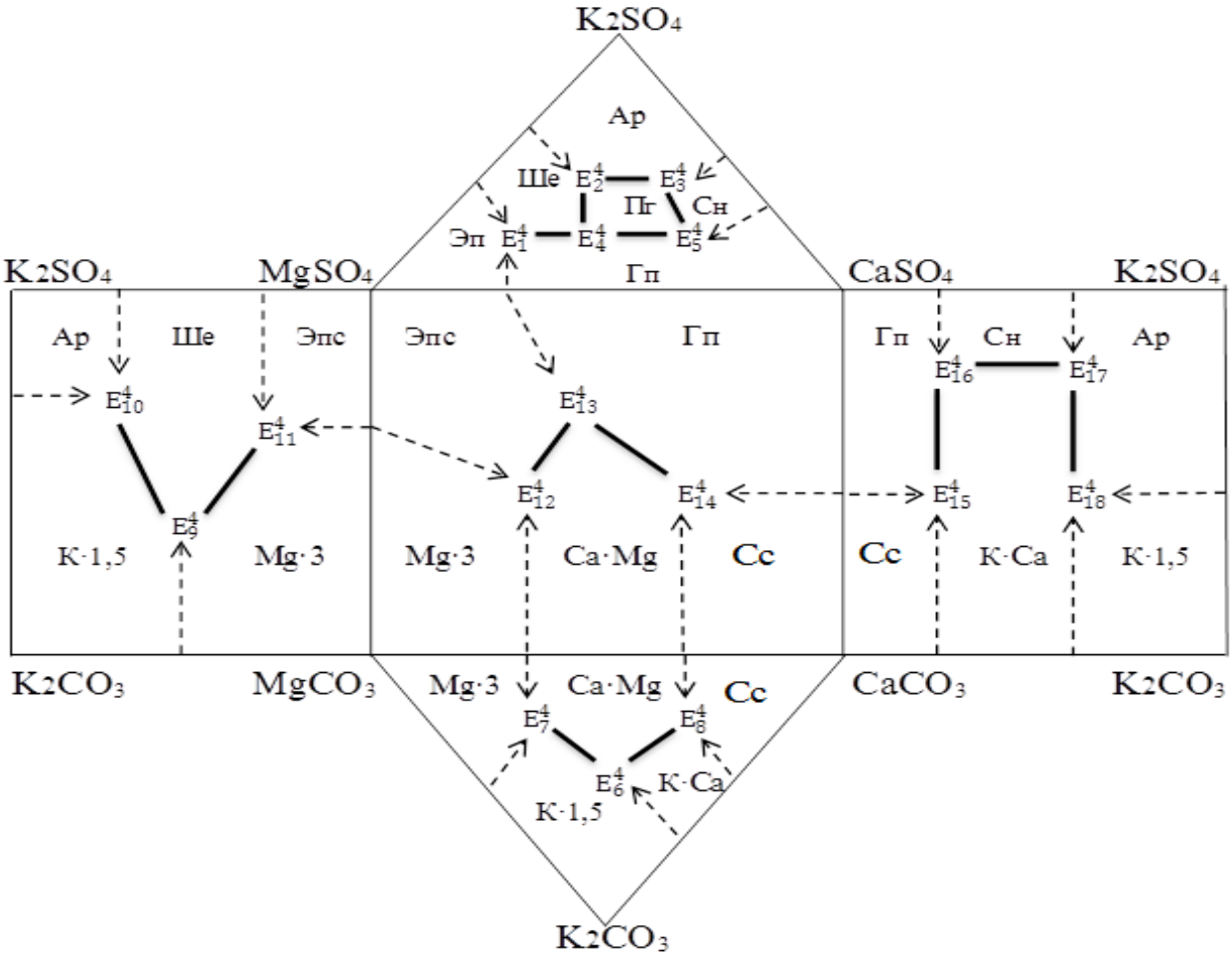
Нуқтаҳои нонвариантии системаҳои чоркомпонента ва мувозинатҳои фазагии ба онҳо мувофиқ дар ҷадвали 3.11 ҷамъбаст гардидаанд. Барои пешбинӣ ва сохтани комплекси фазагии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C аз маълумоти дар ҷадвали 3.11 пешниҳодшуда истифода карда шуд.

Ҷадвали 3.11. – Тавсифи нуқтаҳои нонвариантии системаи K,Mg,Ca // SO_4,CO_3–H_2O дар ҳарорати 25 °C, ки бо усули транслятсия муайян карда шудааст

Нуқтаҳои нонвариантӣ	Система	Фазаҳои сахти дар мувозинат буда
E_1^4	K,Mg,Ca//SO_4-H_2O	Эпс+Ше+Гп
E_2^4		Ар+Ше+Пг
E_3^4		Ар+Пг+Сн
E_4^4		Ше+Пг+Гп
E_5^4		Пг+Сн+Гп
E_6^4	K,Mg,Ca//CO_3-H_2O	Ca·Mg+K·1,5+K·Ca
E_7^4		Mg·3+ Ca·Mg+K·1,5
E_8^4		Ca·Mg+ K·Ca+Cc
E_9^4	K,Mg//SO_4,CO_3-H_2O	Ше+ K·1,5+Mg·3
E_{10}^4		Ар+Ше+ K·1,5
E_{11}^4		Ше+Эпс+ Mg·3
E_{12}^4	Ca,Mg//SO_4, CO_3-H_2O	Эпс+Mg·3+Ca·Mg
E_{13}^4		Эпс+Гп+Ca·Mg
E_{14}^4		Гп+Ca·Mg+Cc

		Идомаи ҷадвали 3.11.
E_{15}^4	K,Ca//SO_4, CO_3-H_2O	Гп+Сс+К·Са
E_{16}^4		Гп+ К·Са+Сн
E_{17}^4		Сн+Ар+К·Са
E_{18}^4		Ар+ К·1,5+К·Са

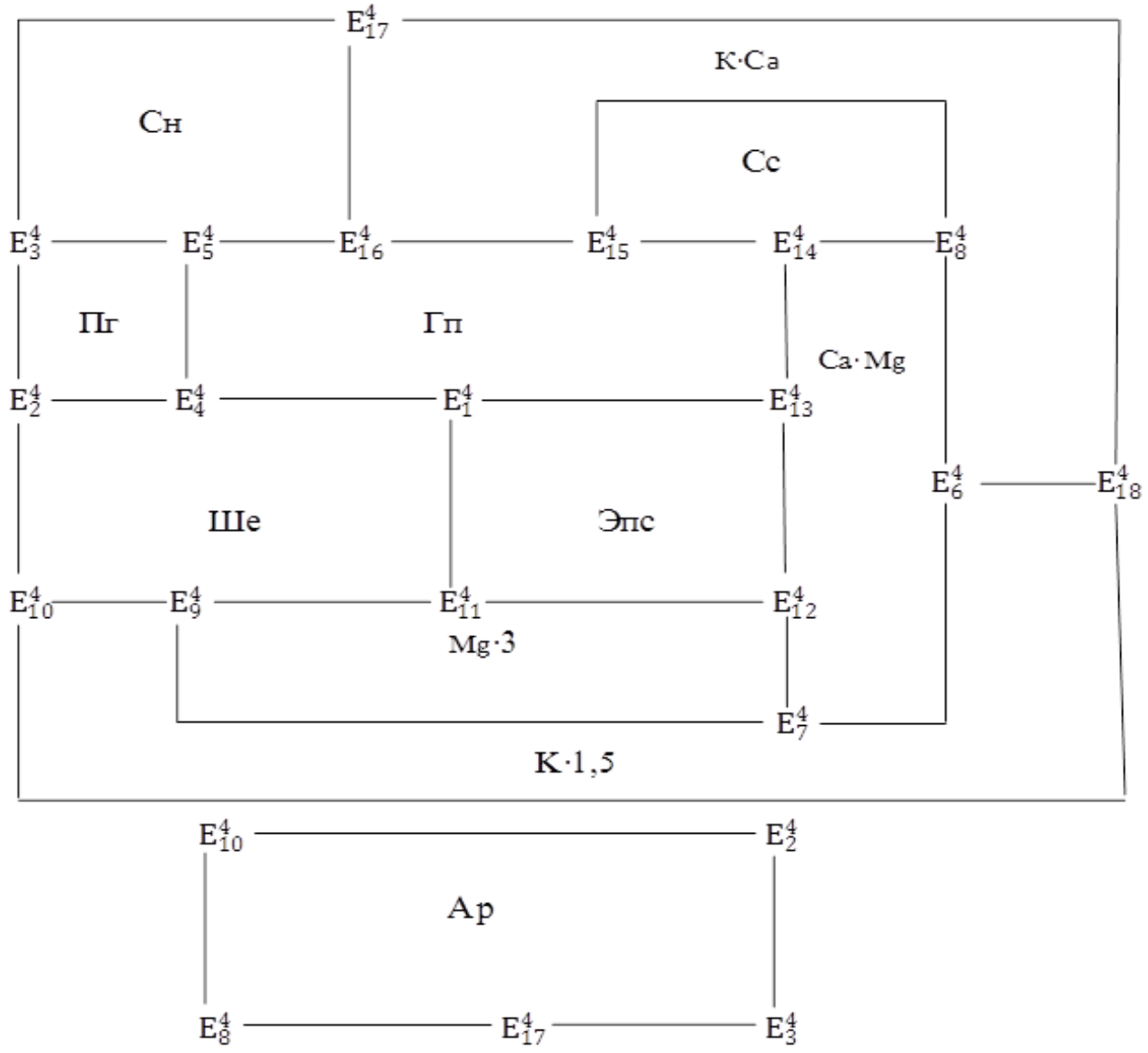
Дар асоси маълумотҳои дар ҷадвали 3.11. овардашуда диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи тадқиқшаванда дар сатҳи чоркомпонентагӣ, дар расми 3.11. ба намуди призмаи кушодаи панҷрӯя, сохта шуда аст.



Расми 3.11. –Сохтори геометрии изотермаи 25°C – и системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Баъди якҷоя кардани майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои сахти якхелаи зерсистемаҳои гуногуни чоркомпонентаи ин системаро ташкилдиҳанда диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи

панҷкомпонентаи тадқиқшавандаро дар сатҳи чоркомпонентагӣ сохтем (расми 3.12), ки мувозинатҳои фазагии имконпазирро дар ҳамаи шакли геометрии системаи панҷкомпонентаи тадқиқшаванда инъикос менамояд. Бо ин тавр сохта шудани диаграмма, ҳамчун асос барои дар оянда инъикос намудани элементҳои геометрии (намунаҳо) сатҳи панҷкомпонентагии тавасути усули траслятсия ҳосил шуда, имкон пайдо мекунад [95].



Расми 3.12. – Диаграмаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои ҳарорати 25°C

“Ҳангоми интиқоли (транслятсияи) нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента ба сатҳи панҷкомпонента чунин нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонента ҳосил мешаванд” [90, с. 78]:

$E_8^4 + E_{14}^4 + E_{15}^4 \dashrightarrow E_1^5$ = Ca·Mg+K·Ca+Cc+Гп;

$E_1^4 + E_{13}^4 \dashrightarrow E_2^5$= Ше +Эпс+Гп+Ca·Mg;

$E_2^4 + E_{10}^4 \dashrightarrow E_3^5$=Ше+Ар+Пг+К·1,5;

$E_3^4 + E_{17}^4 \dashrightarrow E_4^5$= Ар+ Пг+Сн+К·Ca;

$E_5^4 + E_{16}^4 \dashrightarrow E_5^5$=Пг+Сн+Гп+К·Ca;

$E_6^4 + E_{18}^4 \dashrightarrow E_6^5$=К·Ca+К·1,5+Ca·Mg+Ар;

$E_7^4 + E_9^4 \dashrightarrow E_7^5$=Mg·3+Ca·Mg+К·1,5+Ше;

$E_{11}^4 + E_{12}^4 \dashrightarrow E_8^5$ =Ше+Эпс+Mg·3+Ca·Mg;

E_4^4 +Ca·Mg $\dashrightarrow E_9^5$ = Ше+ Пг+Гп +Ca·Mg;

E_{10}^5 =Пг+К·1,5+Ca·Mg+Ар;

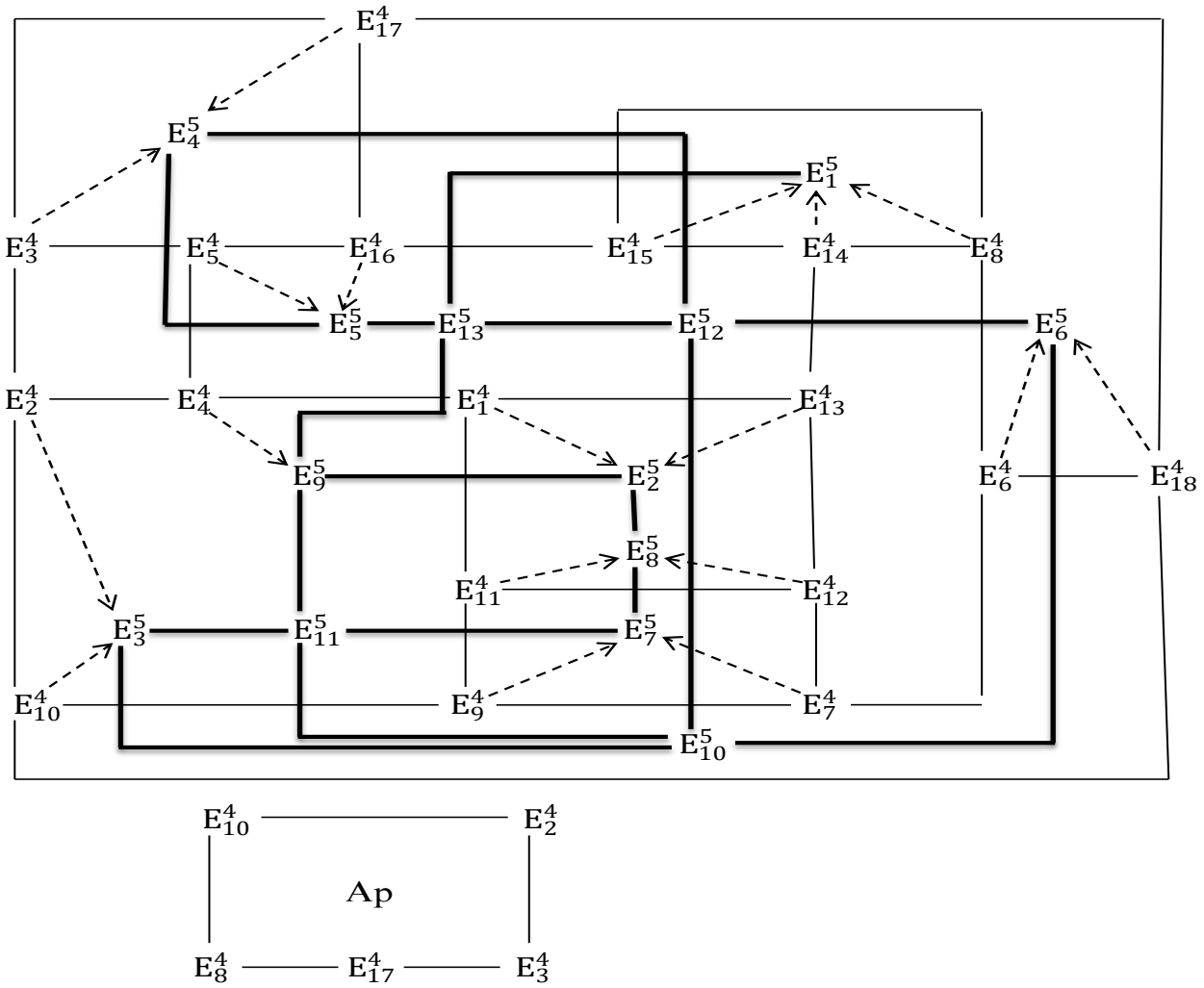
E_{11}^5=Пг+К·1,5+Ca·Mg+Ше;

E_{12}^5=Пг+К·Ca+Ca·Mg+Ар;

E_{13}^5=Гп +Ca·Mg+Пг+К·Ca;

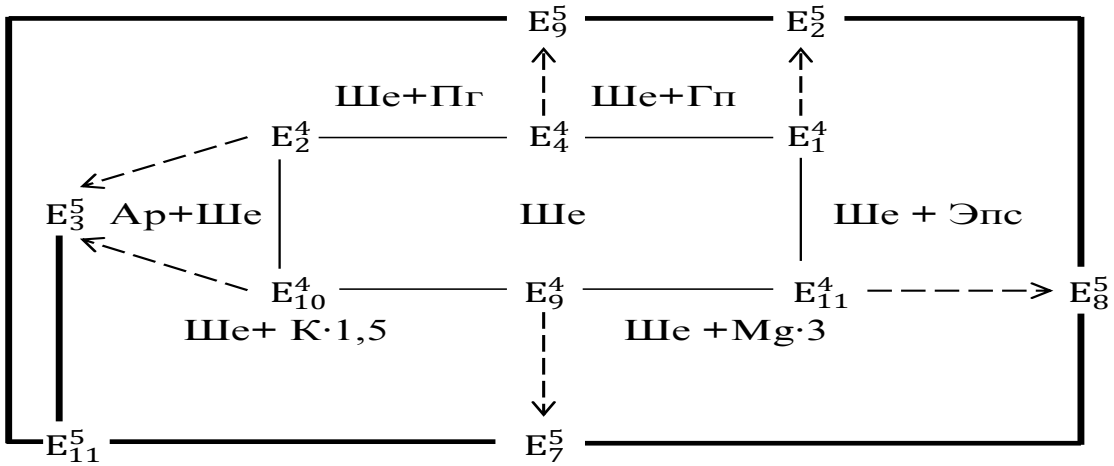
Дар асоси маълумоти бадастомада диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентии K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар 25 °C сохта шудааст, ки дар расми 3.13 акс ёфтааст.

Чи тавре, ки мебинем барои системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 25 °C 13 нуқтаи нонварианти сатҳи панҷкомпонента хос мебошад. Аз инҳо 1 – тоаш бо усули транслятсияи 3 тарафа (E_1^5), 7- тоаш (E_2^5 - E_8^5) бо усули транслятсияи дутарафа ва 1- тоаш (E_9^5) бо усули транслятсияи яктарафа ва 4 - тоаш (E_{10}^5 -E_{13}^5) дар байни нуқтаҳои сатҳи панҷкомпонента ҳосил шудаанд.



Расми 3.13. – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C, ки бо усули транслятсия сохта шудааст

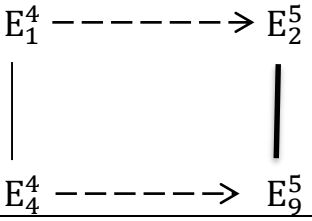
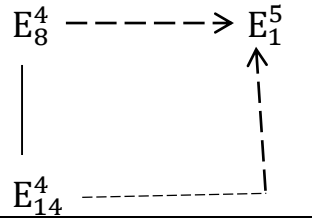
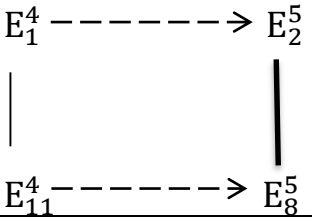
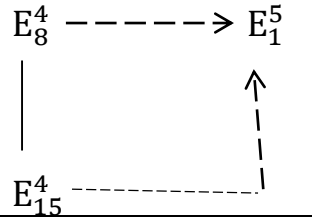
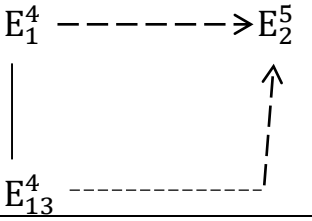
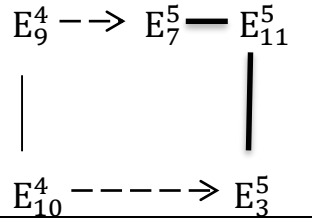
Барои он, ки фазаи сахти Ше-шенит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$) бо бештари майдонҳо ҳамсарҳад мебошад, бинобар ин онро дар алоҳидагӣ нишон додем.

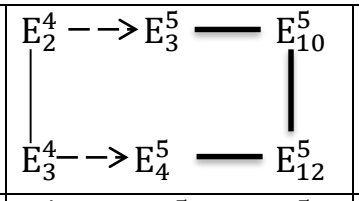
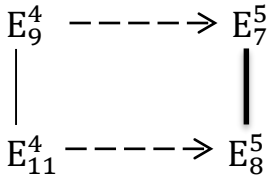
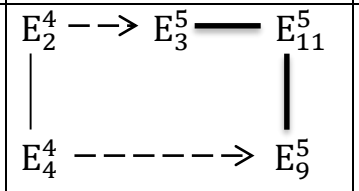
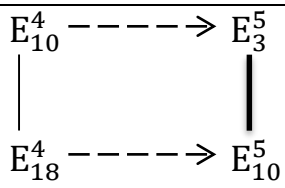
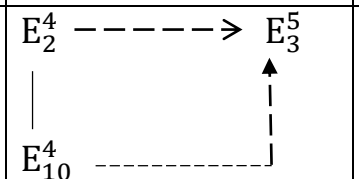
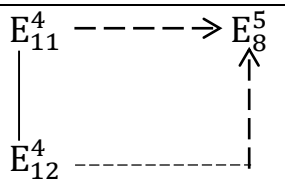
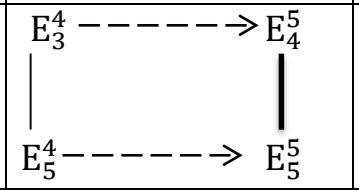
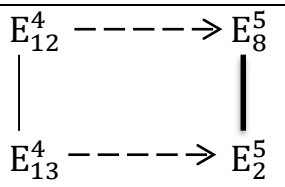
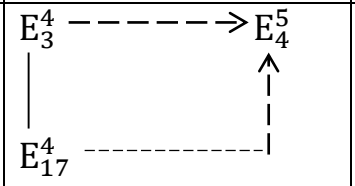
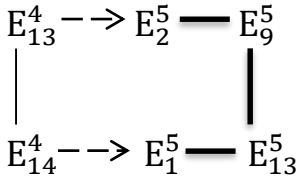
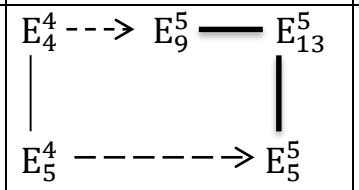
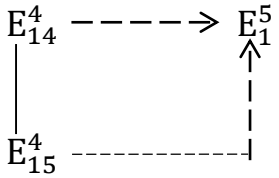
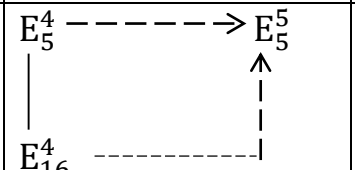
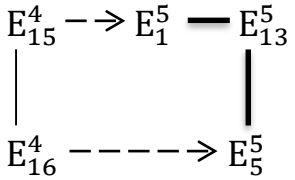
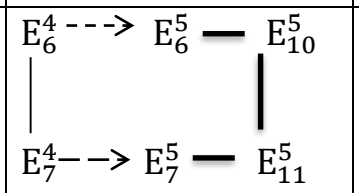
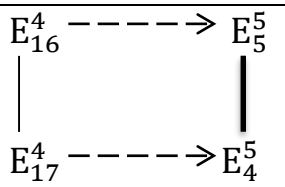
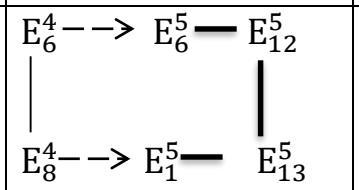
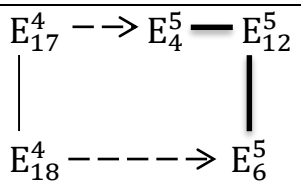


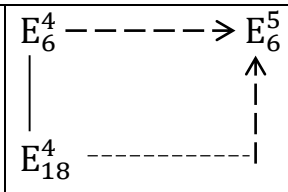
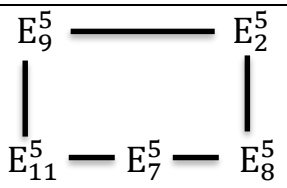
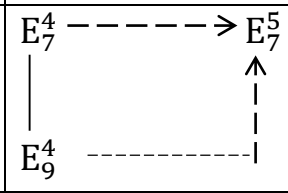
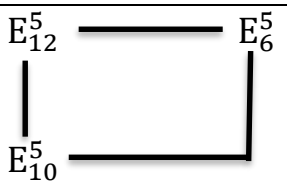
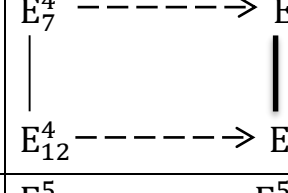
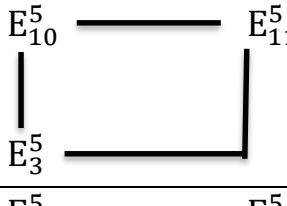
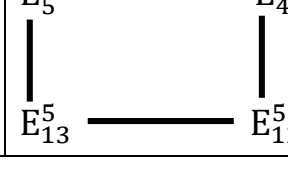
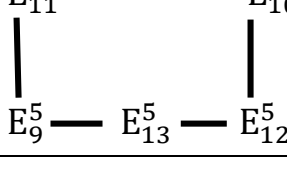
Дар расми 3.13 хатҳои борики яклухт нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентаро бо ҳам мепайвандад. Хатҳои пунктирӣ самти транслятсияи сатҳи чоркомпонентаро ба сатҳи панҷкомпонента нишон медиҳад. Онҳо дар натиҷаи интиқоли (транслятсия) нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента ба сатҳи панҷкомпонентагӣ (тирча раванди равиши транслятсияро) ҳосил мешаванд. Таркиби фазавии таҳшинҳои ба ин хатҳо мувофиқ оянда ба таркиби фазаи таҳшин мувофиқ буда, ба нуқтаҳои транслятсия шуда ҷавобгӯ мебошад. Хатҳои ғафсӣ яклухт дар байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонента мегузаранд.

Барои қулай хонда шудани ифодаҳои диаграммаи мувозинатҳои фазагии дар расми 3.13 пешниҳод шуда, онро барои ҳар як майдони дивариантӣ алоҳида нишон додан лозим аст.

Ҷадвали 3.12. – Номгуй ва контури майдонҳои дивариантӣ системаи K,Mg,Ca // SO_4,CO_3-H_2O барои ҳарорати 25°C

Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дивариантӣ	Контури майдонҳо (расми 3.13)	Фазаҳои сахти дар мувозинат будаи майдонҳои дивариантӣ	Контури майдонҳо (расми 3.13)
Ше+Гп		Са·Mg +Сс	
Ше + Эпс		Сц+К·Са	
Эпс + Гп		Ше+К·1,5	

Идомаи ҷадвали 3.12			
Ар + Пг		Ше+Mg·3	
Ше + Пг		Ар+К·1,5	
Ар + Ше		Mg·3+ Эпс	
Пг + Сн		Са·Mg +Эпс	
Ар + Сн		Са·Mg +Гп	
Пг + Гп		Гп + Сс	
Гп + Сн		Гп + К·Са	
К·1,5+Са·Mg		Сн + К·Са	
Са·Mg +К·Са		К·Са + Ар	

Идомаи ҷадвали 3.12.			
К·1,5+ К·Са		Ше + Са·Mg	
Mg·3+ К·1,5		Са·Mg + Ар	
Mg·3+ Са·Mg		Пг + К·1,5	
Пг+ К·Са		Пг + Са·Mg	

Муқоисаи сохтори диаграмма дар сатҳи панҷкомпонентагӣ дар ҳарорати 0 °С (расми 2.13.) ва ҳарорати 25 °С (расми 3.13.) онро нишон медиҳад, ки бо баландшавии ҳарорат аз 0 то 25 °С дар байни компонентҳои система таъсиррасонии химиявӣ ба амал омада, фазаҳои сахти нави Ше-шенит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$); Пг-полигалит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$); Сн-сингенит ($K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$); Са·Mg- доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$); К·Са - $K_2CO_3 \cdot CaCO_3$ ва инчунин кристаллогидрати $MgSO_4 \cdot 12H_2O$ 5 мол оби кристализатсионии худро гум карда ба эпсомит ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ва кристаллогидрати $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$, 0,5 мол оби кристаллизатсионии худро гум карда ба К·1,5 - $K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O$ табдил меёбанд, ки муодилаҳои реаксияҳо чунинанд:

$$K_2SO_4 + MgSO_4 \cdot 7H_2O \xrightarrow{аз\,0\,то\,25^0C} K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O + H_2O;$$

$$K_2SO_4 + CaSO_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow{аз\,0\,то\,25^0C} K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O + H_2O;$$

$$K_2SO_4 + 2CaSO_4 \cdot 2H_2O + MgSO_4 \cdot 7H_2O \xrightarrow{аз\,0\,то\,25^0C} K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O + 7H_2O;$$

$$MgCO_3 \cdot 3H_2O + CaCO_3 \xrightarrow{аз\,0\,то\,25^0C} CaCO_3 \cdot MgCO_3 + 3H_2O;$$

$$K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O + CaCO_3 \xrightarrow{аз\,0\,то\,25^0C} K_2CO_3 \cdot CaCO_3 + 1{,}5H_2O;$$

$$MgSO_4 \cdot 12H_2O \xrightarrow{аз\,0\,то\,25^0C} MgSO_4 \cdot 7H_2O + 5H_2O;$$

$$K_2CO_3 \cdot 2H_2O \xrightarrow{аз\,0\,то\,25^0C} K_2CO_3 \cdot 1{,}5H_2O + 0{,}5H_2O;$$

Ҳамин тавр, барои системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 °C чунин теъдоди элементҳои геометрӣ хос мебошанд:

Шаклҳои геометрӣ	Ҳарорати 0 °C	Ҳарорати 25 °C
Нуқтаҳои нонвариантӣ	9	13
Хатҳои яквариантӣ	25	35
Майдонҳои дивариантӣ	22	32

Сохтори ин системаи дар ҳароратҳои 0 ва 25 °C дар [90,97] баррасӣ шудааст.

3.7. Қисмати тачрибавӣ: Ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 °C

Дар ин бахш ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии системаи химиявии K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 °C мавриди таҳлил қарор гирифтааст. Ҳамзамон, сохтори диаграммаи мувозинатҳои фазагии ин система дар манбаъҳои илмӣ нашр гардидааст [84].

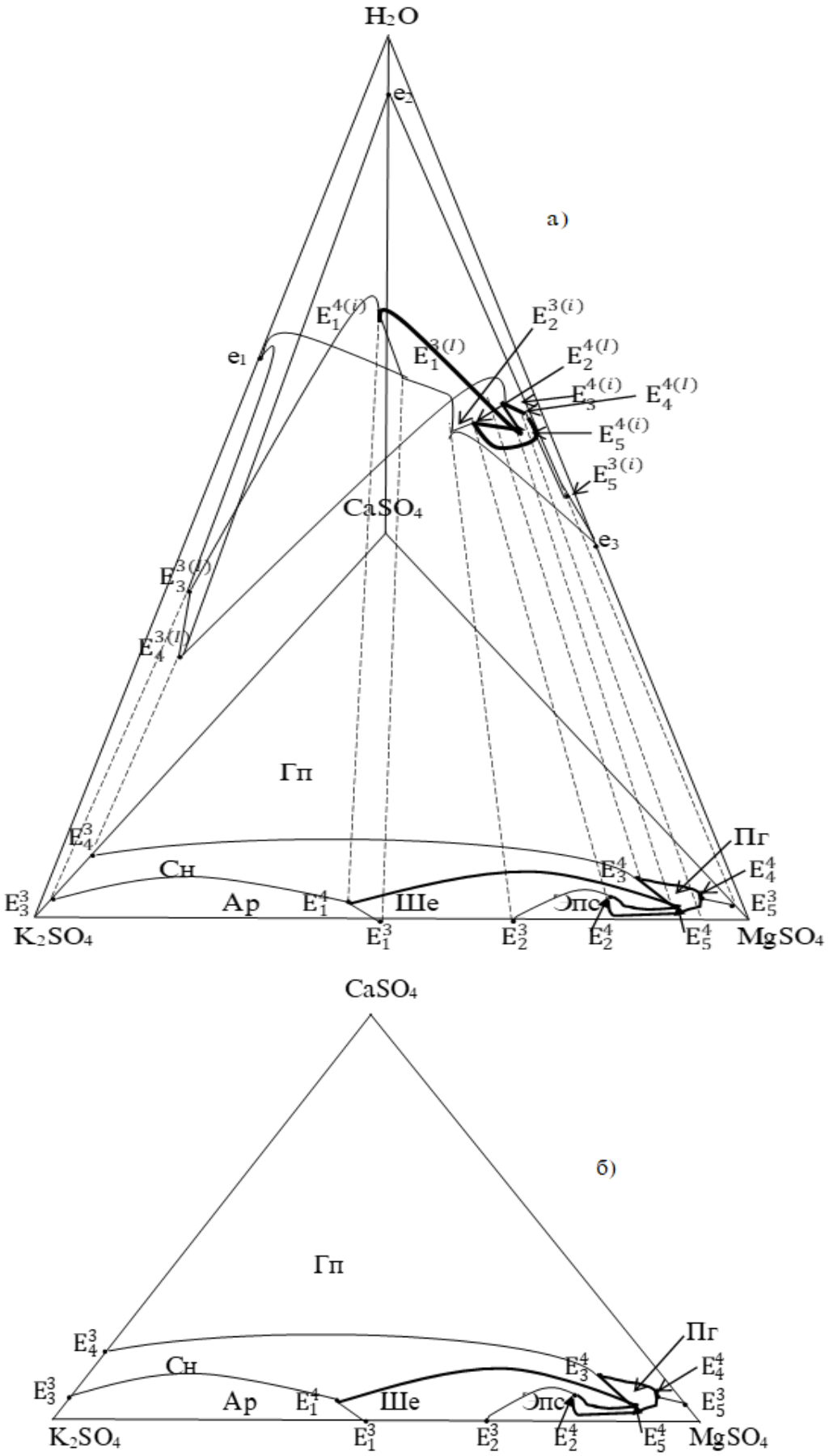
Мувофиқи далелҳои адабиёти [79], ҳалшавандагии системаи химиявии K,Mg,Ca//SO_4-H_2O омухта шуда, дар ҷадвали 3.13. ҷамъ оварда шудаанд.

Таҳлили системаи мазкур барои ҳарорати 25°C нишон медиҳад, ки таносуби компонентҳо ба таври мураккаб ташаккул меёбад. Мавҷуд будани фазаҳои гуногуни кристаллӣ дар ҳар як нуқтаи нонвариантӣ гувоҳи аз устувории термодинамикии система мебошад. Ин равандҳо аҳамияти амалӣ дошта [124] метавонанд барои тарҳрезии равандҳои саноатии марбут ба коркарди партовҳое, ки дар таркибашон он сулфатҳои калий, магний ва калсий мавҷуданд самаранок истифода шаванд.

Ҷадвали 3.13. – Ҳалшавандагии нуқтаҳои нонвариантии системаи K,Mg,Ca// SO_4-H_2O барои ҳарорати 25°C

	Таркиби фазаи моеъ. бо %				Фазаҳои сахти мувозинатӣ
	K_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	H_2O	
e_1	11,67	-	-	88,33	Ар
e_2	-	26,70	-	73,30	Эпс
e_3	-	-	0,33	99,67	Гп
E_1^3	10,75	12,80	-	76,75	Ар+ Ше
E_2^3	4,95	26,05	-	69,00	Ше+ Эпс
E_3^3	7,55	-	0,04	92,41	Ар+Сн
E_4^3	3,17	-	0,16	96,67	Сн+Гп
E_5^3	-	19,85	0,12	80,03	Гп+Эпс
E_1^4	11,90	11,2	0,03	76,87	Ар+Сн+Ше
E_2^4	3,60	27,00	0,06	69,34	Ше+Эпс+Пг
E_3^4	3,40	26,20	0,02	70,38	Сн+Гп+Пг
E_4^4	2,50	26,50	0,08	70,92	Эпс+Пг+Гп
E_5^4	2,40	26,80	0,03	70,77	Сн+Пг+Ше

Дар асоси маълумотҳои гирдовардашуда диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 °C сохта шуда [120], дар расми 3.14. (а) қисми намакӣ б) қисми обӣ-намакӣ оварда шудааст.



Расми 3.14. – Диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 °C) а) қисми обӣ -намакӣ б) қисми намакӣ

Дар расми 3.14. қисми умумӣ (а) ва қисми намакии (б) диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC нишон дода шудааст, ки он мавқеи кристаллизатсияи фазаҳои мувозинатии мувофиқро инъикос менамояд. Чи хеле, ки аз диаграммаи ҳалшавандагӣ дида мешавад, барои системаи чоркомпонентаи мазкур дар ҳарорати 25^oC қисми зиёди онро майдони кристаллизатсияи гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ишғол мекунад, ин дар шароити додашуда кам будани ҳалшавандагии ин намакро нишон медиҳад. Шарҳи элементҳои геометрии (майдонҳо, нуқтаҳо ва хатҳо)-и дар диаграмма буда, дар ҷадвали 3.14. оварда шудааст.

Ҷадвали 3.14. – Шарҳи элементҳои геометрии диаграммаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC

Элементҳои геометрӣ	Шарҳи аломатҳо
e_1	Ҳалшавандагии сулфати калий дар об
e_2	Ҳалшавандагии сулфати калсий дар об
e_3	Ҳалшавандагии сулфати магний дар об
E_1^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Ше дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_2^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Ше+Эпс дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_3^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Сн дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
E_4^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Сн+Гп дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
E_5^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии фазаҳои Гп+Эпс дар системаи Ca,Mg//SO_4-H_2O
E_1^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Сн+Ше дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O
E_2^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаи Ше+Эпс+Пг дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O

	Идомаи ҷадвали 3.14.
E_3^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаи Сн+Гп+Пг дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O
E_4^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаи Гп+Эпс+Пг дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O
E_5^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии фазаи Сн+Ше+Пг дар системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O
E_1^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Ше дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_2^3- E_2^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ше+ Эпс дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_3^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Ар+Сн дар системаи K,Ca//SO_4-H_2O
E_4^3- E_3^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Сн+ Гп дар системаи K,Mg//SO_4-H_2O
E_5^3- E_4^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии фазаҳои Эпс + Гп дар системаи Ca,Mg//SO_4-H_2O
K_2SO_4-E_3^3-E_1^4-E_1^3-K_2SO_4	Майдони кристаллизатсияи фазаи Ар
E_3^3-E_4^3-E_3^4-E_5^4- E_1^4-E_3^3	Майдони кристаллизатсияи фазаи Сн
E_4^3- $CaSO_4$ -E_5^3-E_4^4-E_3^4 -E_4^3	Майдони кристаллизатсияи фазаи Гп
E_2^3-E_2^4-E_4^4-E_5^3- $MgSO_4$-E_2^3	Майдони кристаллизатсияи фазаи Эпс
E_2^4-E_5^4-E_3^4-E_4^4-E_2^4	Майдони кристаллизатсияи фазаи Пг

3.8. Қисми таҷрибавӣ: Ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 °C

Қисмҳои таркибии системаи химиявии мазкур аз карбонатҳои

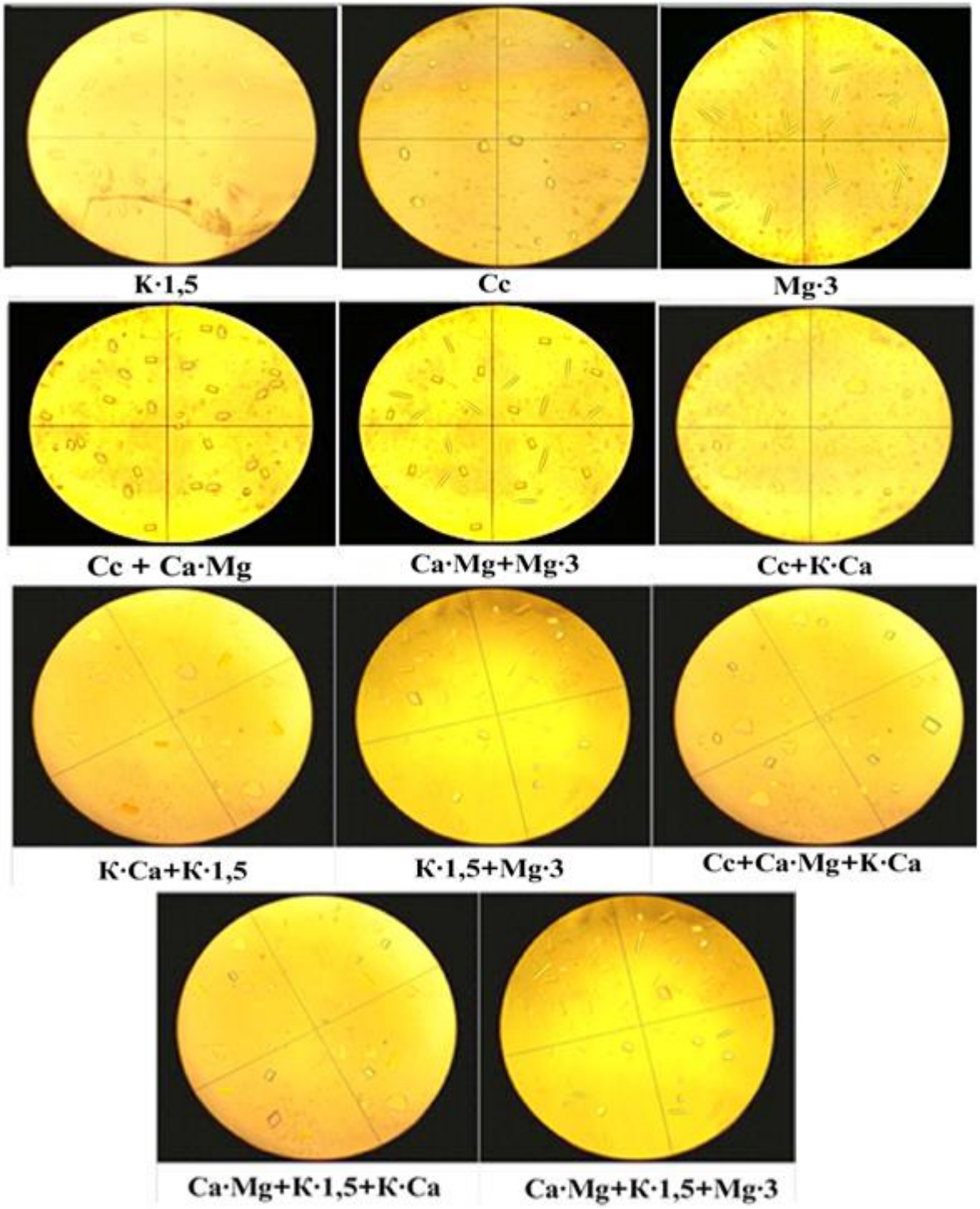
калий, магний ва калсий иборат аст, ки онҳо дар ҳарорати 25 ^{o}C дар шакли $CaCO_3$ - калсит (Cc); $K_2CO_3 \cdot 1,5$-(K·1,5); $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ - доломит (Ca·Mg) $MgCO_3 \cdot 3H_2O$-магнезит (Mg·3); $K_2CO_3 \cdot CaCO_3$-(K·Ca) кристаллизатсия мешаванд. Барои гузаронидани таҷриба аз намакҳои зерин истифода бурда шуд: $CaCO_3$ (аз ҷиҳати химиявӣ тоза); $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ (аз ҷиҳати химияви тоза); K_2CO_3 (тоза); таҷриба дар асоси усули серкунӣ гузаронида шудааст [41].

Дар асоси маълумотҳои адабиётӣ [77-79] пештар маҳлулро тибқи нуқтаҳои нонвариантии чунин системаҳои секомпонентаи ин системаи чоркомпонентаро дар ҳарорати 25 ^{o}C ташкилдиҳанда омода намудем: $K,Mg//CO_3$-H_2O, $K,Ca//CO_3$-H_2O ва $Mg,Ca//CO_3$-H_2O. Минбаъд тибқи усули транслятсия нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента ба сатҳи чоркомпонента [92] интиқол ёфта, ҳалшавандагии баланди худро дар ҳарорати 25 ^{o}C ба вуҷуд овардан пас, ба мувозинат меояд, сипас ҷудо карда мешаванд.

Бо ёрии омехтакунаки магнитӣ маҳлулро омехта намуда, ҳароратро тавассути ҳароратсанҷи контактии ба термостати U–8 пайвастшуда идора намудем, ки дақиқии он ± 0,1 ^{o}C – ро ташкил медиҳад. Омехтакунӣ дар муддати 80-140 соат гузаронида шуд. Кристаллизатсияи фазаҳои сахт тавассути микроскопи Микромед С 11 мушоҳида карда шуда, пас аз ба мувозинат омадан, фазаҳои сахт тавассути суратгираки «SONY- DSC-S500» аксбардорӣ карда шуд.

Фазаҳои сахт ва моеъро аз ҳамдигар тавассути қифи Бюхнер, ки ба ҳавокаши вакуумӣ пайваста аст ҷудо намудем. Баъдан фазаи сахтро бо спирти этили 96% шуста, дар ҳарорати 110 ^{o}C хушк намудем. Таҳлили химиявӣ аз рӯи усулҳои маълум гузаронида шуд [98-99]. Таҳлили оптикии кристаллҳо [99 – 101] бо фазаҳои сахти онҳо дар расми 3.15. ва натиҷаи таҳлили химиявии маҳлули модарӣ дар ҷадвали 3.15. оварда шудааст. Пас аз хушконидани фазаҳои сахт барои муайян намудани фазаҳои сахти кристаллӣ ва тасдиқи дурустии кор онҳоро таҳлили рентгенофазавӣ намудем, ки натиҷаи он дар расми 3.16. оварда шудааст. Натиҷи таҳлили

рентгенофазавӣ низ гувоҳи он аст, ки дар кори ичро намуда фазаҳои сахти мувозинатӣ пурра инъикос ёфтаанд.

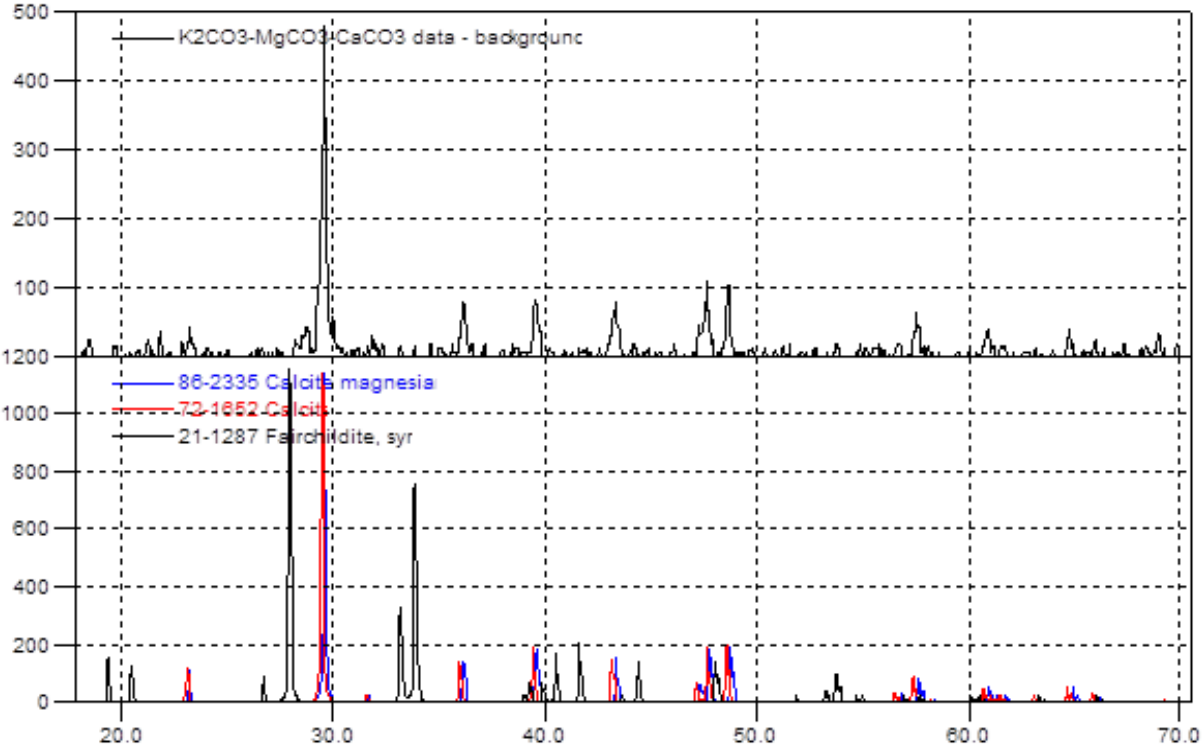


Расми 3.15. – Аксҳои кристаллҳои фазаҳои сахти мувозинатии системаи K, Mg,Ca//CO_3-H_2O, дар ҳарорати 25 ^oC

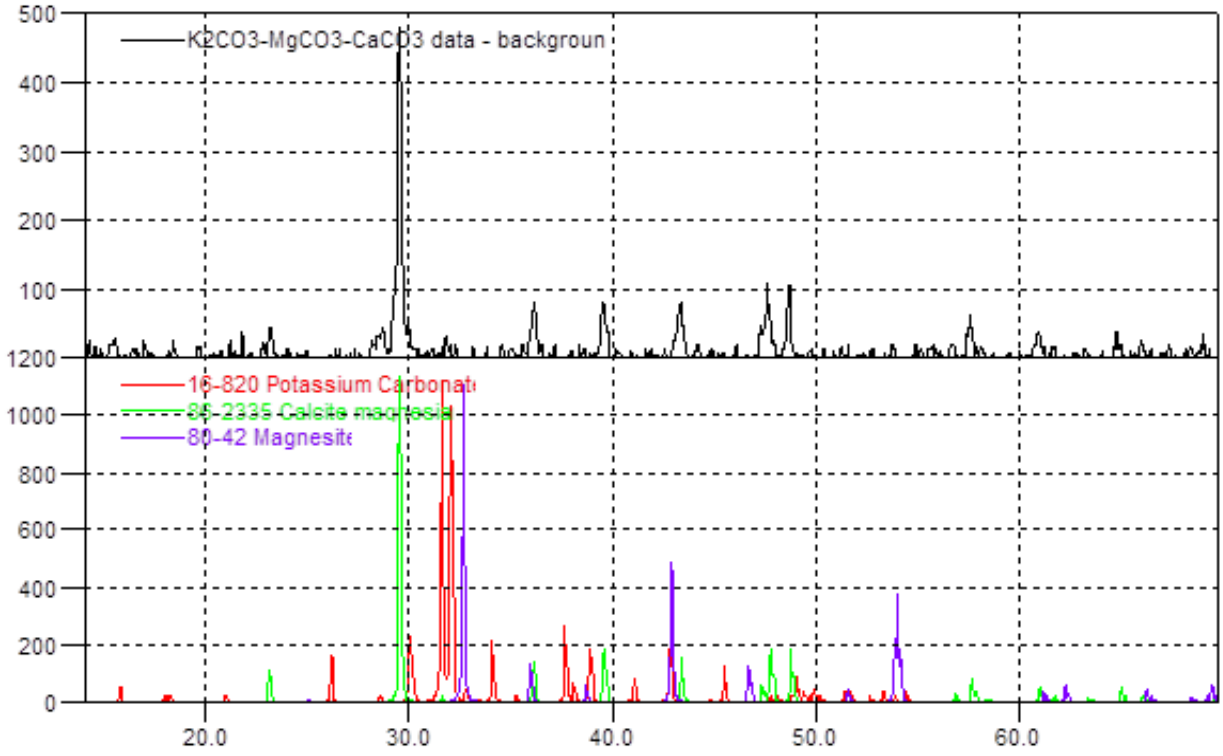
Натичаи таҳлили химиявии маҳлули модарӣ, ки дар асоси таҷриба ба даст оварда шуда дар ҷадвали 3.15. оварда шудааст.

Ҷадвали 3.15. – Ҳалшавандагии нуқтаҳои нонвариантии системаи K, Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25°C

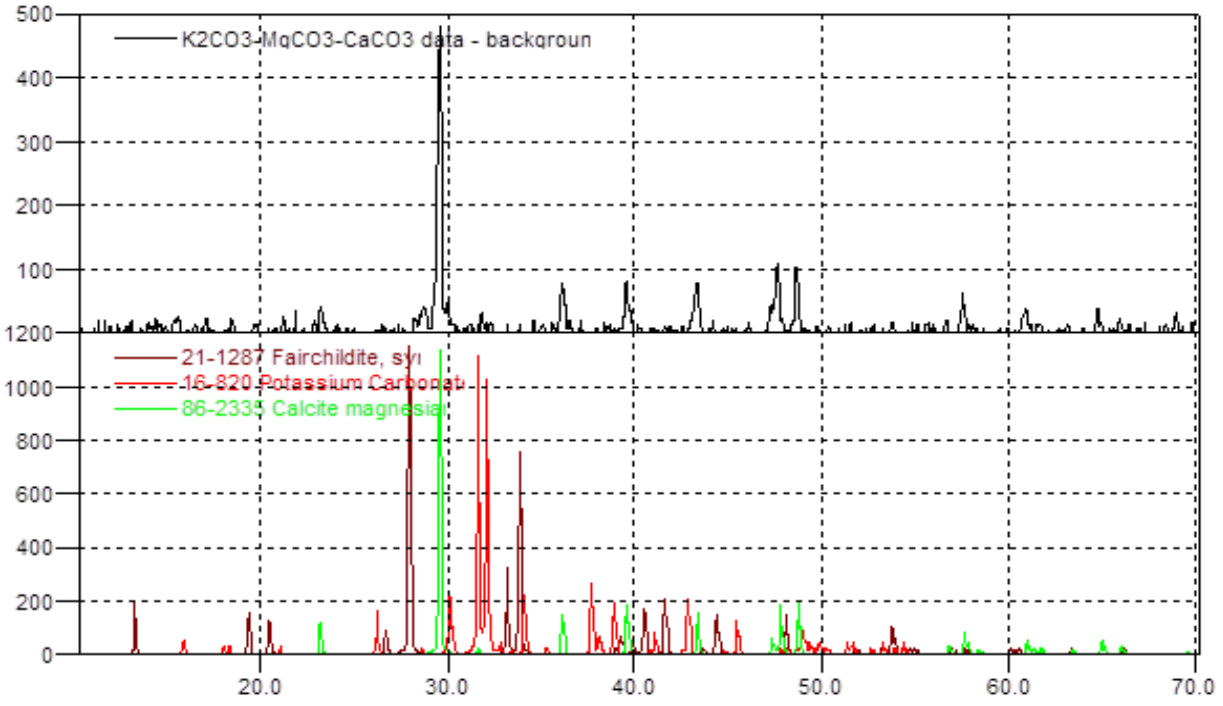
	Таркиби фазаи моеъ. бо %				Фазаҳои сахти мувозинатӣ
	K_2CO_3	$CaCO_3$	$MgCO_3$	H_2O	
e_1	52,740	-	-	42,260	К·1,5
e_2	-	0,004	-	99,995	Cc
e_3	-	-	0,022	99,977	Mg·3
E_1^3	-	0,007	0,024	99,968	Cc + Ca·Mg
E_2^3	-	0,004	0,038	99,957	Ca·Mg+ Mg·3
E_3^3	46,786	0,005	-	53,209	Cc+ К·Ca
E_4^3	57,916	0,004	-	42,079	К·Ca+ К·1,5
E_5^3	55,930	-	0,012	44,058	К·1,5+ Mg·3
E_1^4	61,110	0,007	0,018	38,700	Cc+ Ca·Mg+ К·Ca
E_2^4	45,764	0,004	0,025	54,206	Ca·Mg+ К·1,5+ Mg·3
E_3^4	60,108	0,005	0,025	39,860	Ca·Mg+ К·1,5+ К·Ca



Cc+ Ca·Mg+ К·Ca



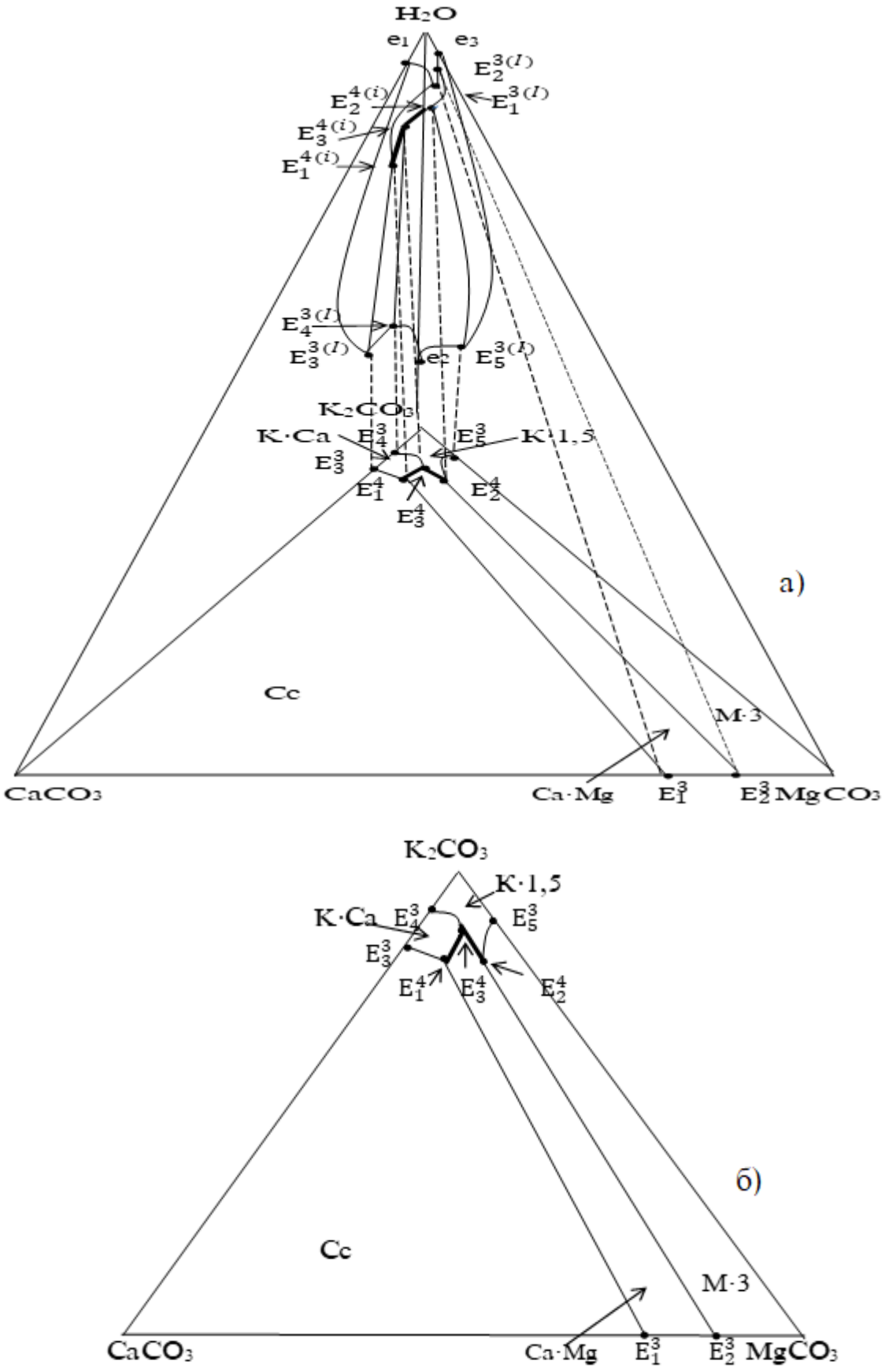
Ca·Mg+ K·1,5+ Mg·3



Ca·Mg+ K·1,5+ K·Ca

Расми 3.16. – Дифрактограммаи фазаҳои сахти дар мувозинатбудаи системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC

Дар асоси маълумотҳои бадастовардашуда диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC сохта шуда [122], ки он дар расми 3.17. оварда шудааст.



Расми 3.17. –Диаграммаи ҳалшавандагии системаи $K^+,Mg^{2+},Ca^{2+}//CO_3^{2-}$-$H_2O$ барои ҳарорати 25°C а) қисми обӣ-намакӣ б) қисми намакӣ

Бинобар сабаби кам будани ҳалшавандагии намакҳо таносуби он бо об ба 1: 5 нишон дода шудааст. “Мавқеъҳои нуқтаҳои нонвариантӣ сатҳи се ва чоркомпонента дар диаграмма, дар асоси маълумотҳои ҳалшавандагии бо усули массентрӣ [4] тавассути ҳисобҳои зерин муайян карда шудааст” [92, с. 130 - 135].

1.Барои нуқтаи E_1^3 бо фазаҳои сахти мувозинати Cc+Ca·Mg

$$\left.\begin{array}{l}CaCO_3 - 0,0074\\MgCO_3 - 0,0245\end{array}\right\}0,0319\Big\}20,02$$
$$H_2O - 99,96 \div 5 = 19,92$$

$$l_{CaCO_3} = \frac{0.0074 \times 100}{0,0319} = 23,19мм$$
$$l_{H_2O} = \frac{19,92 \times 188}{20,02} = 187,06мм$$

2.Барои нуқтаи E_2^3 бо фазаҳои сахти мувозинати Ca·Mg+Mg·

$$\left.\begin{array}{l}CaCO_3 - 0,0041\\MgCO_3 - 0,0382\end{array}\right\}0,0423\Big\}20,03$$
$$H_2O - 99,95 \div 5 = 19,99$$

$$l_{CaCO_3} = \frac{0.0041 \times 100}{0,0423} = 9,69мм$$
$$l_{H_2O} = \frac{19,99 \times 191}{20,03} = 190,6мм$$

3.Барои нуқтаи E_3^3 бо фазаҳои сахти мувозинати Cc+K·1,5

$$\left.\begin{array}{l}K_2CO_3 - 46,786\\CaCO_3 - 0,0052\end{array}\right\}46.791\Big\}57,431$$
$$H_2O - 53.20 \div 5 = 10,64$$

$$l_{K_2CO_3} = \frac{46,786 \times 100}{46,791} = 99,98мм$$
$$l_{H_2O} = \frac{10,64 \times 102}{57,431} = 18,89мм$$

4.Барои нуқтаи E_4^3 бо фазаҳои сахти мувозинати K·Ca+K·1,5

$$\left.\begin{array}{l}K_2CO_3 - 57,916\\CaCO_3 - 0,0041\end{array}\right\}057,92\Big\}66,33$$
$$H_2O - 42,07 \div 5 = 8,41$$

$$l_{K_2CO_3} = \frac{46,786 \times 100}{46,791} = 99,98мм$$
$$l_{H_2O} = \frac{10,64 \times 102}{57,431} = 18,89мм$$

5.Барои нуқтаи E_5^3 бо фазаҳои сахти мувозинати K·1,5+Mg·3

$$\left.\begin{array}{l}K_2CO_3 - 46,786\\CaCO_3 - 0,0052\end{array}\right\}46.791\Big\}57,431$$
$$H_2O - 53.20 \div 5 = 10,64$$

$$l_{K_2CO_3} = \frac{55,93 \times 100}{55,94} = 99,98мм$$
$$l_{H_2O} = \frac{8,81 \times 101}{64,75} = 13,74мм$$

6.Барои нуқтаи E_1^4 бо фазаҳои сахти мувозинати Cc+K·Ca +Ca·Mg

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2CO_3-61,11\\CaCO_3-0,0073\\MgCO_3-0,0184\end{array}\right\}61,117\\H_2O-38,70\div 5=7,74\end{array}\right\}68,876$$

$$l_{K_2CO_3}=\frac{61,11\times 100}{61,117}=99,98мм$$

$$l_{MgCO_3}=\frac{0.0184\times 100}{68,876}=0,026мм$$

$$l_{H_2O}=38,70\div 5=7,74+0.026=7,76мм$$

7.Барои нуқтаи E_2^4 бо фазаҳои сахти мувозинати K·1.5+Ca·Mg+ Mg·3

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2CO_3-45,764\\CaCO_3-0,0046\\MgCO_3-0,0253\end{array}\right\}45,79\\H_2O-54,206\div 5=10,84\end{array}\right\}56,63$$

$$l_{K_2CO_3}=\frac{45,764\times 100}{45,768}=99,99мм$$

$$l_{MgCO_3}=\frac{0.0253\times 100}{45,768}=0,055мм$$

$$l_{H_2O}=\frac{10,84\times 101}{56,63}=19,33мм$$

8.Барои нуқтаи E_3^4 бо фазаҳои сахти мувозинати K·Ca+ K·1,5 + Ca·Mg

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}K_2CO_3-60,108\\CaCO_3-0,050\\MgCO_3-0,0251\end{array}\right\}60,183\\H_2O-39,86\div 5=7,927\end{array}\right\}68,188$$

$$l_{K_2CO_3}=\frac{60,108\times 100}{60,158}=99,91мм$$

$$l_{MgCO_3}=\frac{0.025\times 100}{60,183}=0,04мм$$

$$l_{H_2O}=\frac{7,972\times 101}{68,155}=11,81мм$$

Дар расми 3.17 диаграммаи ҳалшавандагии системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳарорати 25 ^oC нишон дода шудааст, ки он мавқеи кристаллизатсияи фазаҳои мувозинатии мувофикро инъикос менамояд. Шаклҳои геометрии (майдонҳо, нуқтаҳо ва хатҳо) он дар ҷадвали 3.16 оварда шудааст.

Ҷадвали 3.16. - Номгӯи шаклҳои геометрии диаграммаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O

Элементҳои геометрӣ	Шарҳи аломатҳо
e_1	Ҳалшавандагии карбонати калий дар об
e_2	Ҳалшавандагии карбонати калсий дар об
e_3	Ҳалшавандагии карбонати магний дар об

	Идомаи ҷадвали 3.16
E_1^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии Cc+Ca·Mg дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
E_2^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии Ca·Mg+ Mg·3 дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
E_3^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии Cc+K·1,5 дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
E_4^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии K·Ca+K·1,5 дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
E_5^3	Нуқтаи кристаллизатсияшавии K·1,5+Mg·3 дар системаи K,Mg//CO_3-H_2O
E_1^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии K·Ca+Cc+ Ca·Mg дар системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O
E_2^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии K·1,5+Mg·3+ Ca·Mg дар системаи K^+,Mg^{2+},Ca^{2+}//CO_3^{2-}-H_2O
E_3^4	Нуқтаи якҷоя кристаллизатсияшавии K·Ca+ K·1,5 + Ca·Mg дар системаи K,Mg,Ca//CO_3-H_2O
e_1 - E_3^4	Хатти кристаллизатсияшавии K·1,5 дар системаи K,Ca//CO_3^{2-}-H_2O
e_1 - E_5^3	Хатти кристаллизатсияшавии K·1,5 дар системаи K,Mg//CO_3-H_2O
e_2 - E_1^3	Хатти кристаллизатсияшавии Cc дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
e_2 - E_3^3	Хатти кристаллизатсияшавии Cc дар системаи K,Ca//CO_3^{2-}-H_2O
e_3 - E_2^3	Хатти кристаллизатсияшавии Mg·3 дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
e_3 - E_5^3	Хатти кристаллизатсияшавии Mg·3 дар системаи K^+,Mg^{2+}//CO_3^{2-}-H_2O
E_1^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии Cc+ Ca·Mg дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O

	Идомаи ҷадвали 3.16
E_2^3- E_2^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии Ca·Mg+ Mg·3 дар системаи Mg,Ca//CO_3-H_2O
E_4^3- E_3^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии K·Ca+ K·1,5 дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
E_3^3- E_1^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии K·Ca+ Cc дар системаи K,Ca//CO_3-H_2O
E_5^3- E_2^4	Хатҳои якҷоя кристаллизатсияшавии Mg·3 + K·1,5 дар системаи K,Mg//CO_3-H_2O
e_1-E_4^3-E_3^4-E_2^4-E_5^3-e_1	Майдони кристаллизатсияи K·1,5
e_2-E_1^3-E_1^4-E_3^3-e_2	Майдони кристаллизатсияи Cc
e_3-E_2^3-E_2^4-E_5^3-e_3	Майдони кристаллизатсияи Mg·3
E_4^3-E_3^4-E_1^4-E_3^3	Майдони кристаллизатсияи K·Ca
E_1^3-E_1^4-E_3^4-E_2^4-E_2^3-E_1^3	Майдони кристаллизатсияи Ca·Mg

ХУЛОСАҲОИ УМУМӢ

1. Бо усули транслятсия қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25^oC муайян карда шуданд. Дар ин замина ҳолати фазагӣ ва робитаи байни компонентҳо дар зерсистемаҳои дахлдори чоркомпонента таҳқиқ гардида, қонуниятҳои ташаккули муносибатҳои фазагӣ ҳангоми гузариш аз системаҳои дорои шумораи камтари компонентҳо ба системаҳои мураккабтар ошкор карда шуданд [3 – М, 5 – М, 6 – М].

2. Муқоисаи сохтори геометрии диаграммаҳои мувозинатҳои фазагӣ дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC нишон медиҳад, ки бо баландшавии ҳарорат комплекси фазагии система мураккабтар мегардад. Шумораи нуқтаҳои нонвариантӣ аз 9 то 13; хатҳои моновариантӣ аз 25 то 35 ва майдонҳои дивариантӣ аз 22 то 32 зиёд мешавад. Ҳамин тавр, ҳангоми гузариш аз ҳарорати 0 ба 25^oC афзоиши шумораи элементҳои геометрии диаграмма мушоҳида мегардад, ки он дар асоси қонуниятҳои таҳлили физико-химиявӣ муайян карда шудааст [2 – М, 6 – М].

3. Бо такя ба қонуниятҳои гузариш аз системаҳои камкомпонента ба системаҳои мураккаб, бори аввал диаграммаҳои мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентии K,Mg,Ca//SO_4,CO_3–H_2O шуда ба фрагментҳои алоҳида ҷудо карда шуданд. Чунин усул барои сохтани диаграммаҳои фазагии чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4–H_2O; K,Mg,Ca//CO_3–H_2O; K,Mg//SO_4,CO_3–H_2O; Ca,Mg//SO_4,CO_3–H_2O ва K,Ca//SO_4,CO_3–H_2O дар ҳароратҳои таҳқиқшуда низ истифода бурда шуд [4 – М, 5 – М, 6 – М, 10 – М].

4. Таҳқиқи таҷрибавии ҳалшавандагии системаҳои K,Mg,Ca//SO_4-H_2O ва K,Mg,Ca//CO_3-H_2O имконият фароҳам оварданд, ки оид ба таркиби фазаҳои мувозинатӣ дар ҳароратҳои 0 ва 25^oC маълумот ба даст оварда шавад. Дар асоси натиҷаҳои ҳосилшуда мавқеи нуқтаҳои хоси мувозинат муайян гардида, диаграммаҳои ҳалшавандагии ҳар ду системаи чоркомпонента сохта шуданд, ки хусусиятҳои фазаҳосилшавии онҳоро дар ҳароратҳои таҳқиқшуда инъикос менамоянд [8 – М, 9 – М].

5. Ҳалшавандагии системаҳои химиявии се ва чоркомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O ва K,Mg,Ca//CO_3-H_2O барои ҳароратҳои 0 ва 25°C таҳқиқ карда шуд, таркиби фазавии онҳо тавассути таҳлили химиявӣ ва рентгенофазагӣ санҷида шуда, микроакси кристаллҳои ҳосилшуда пешниҳод гардиданд [1 – М, 8 – М, 9 – М].

ТАВСИЯҲО ОИД БА НАТИҶАИ ДИССЕРТАТСИЯ

Маълумоти бадастомада аз омӯзиши мувозинатҳои фазагӣ дар системаи K,Mg,Ca//SO_4, CO_3-H_2O тавассути методи транслятсия метавонанд ҳамчун манбаи илмӣ ва маълумотномавӣ барои тавсифи ҳолати фазавии системаҳои бисёркомпонентаи обӣ – намакӣ хизмат кунад. Қонуниятҳои муайяншудаи фазаҳосилшавӣ ва тағйирёбии таркиби фазавӣ имконият медиҳанд, ки рафтори компонентҳои системаи мазкур дар шароити гуногуни мувозинатӣ пешгӯӣ карда шавад. Натиҷаҳои бадастомада инчунин метавонанд барои интихоби шароити мусоиди технологии коркарди ашёи хоми полиминералии табиӣ ва техногенӣ, аз ҷумла партовҳои саноатии дорои сулфатҳо ва карбонатҳои калий, магний ва калсий, ҳамчун заминаи илмӣ хизмат намоянд.

Ба таркиби системаи таҳқиқшаванда фазаҳои сахти зерин дохил мешаванд: шенит (K_2SO_4 ·$MgSO_4$·$6H_2O$), полигалит (K_2SO_4·$MgSO_4$·$2CaSO_4$·$2H_2O$), эпсомит ($MgSO_4$·$7H_2O$), сингенит (K_2SO_4·$CaSO_4$·H_2O), гипс ($CaSO_4$·$2H_2O$), арканит (K_2SO_4), калсит ($CaCO_3$), магнезит ($MgCO_3$ ·$3H_2O$) доломит ($CaCO_3$·$MgCO_3$), М·12 ($MgSO_4$·$12H_2O$), намаки дучандаи K·Ca (K_2CO_3 ·$CaCO_3$), инчунин кристаллогидратҳои K·1,5 (K_2CO_3·$1,5H_2O$) ва K·2 (K_2CO_3·$2H_2O$). Ин пайвастагиҳо дар амалия истифодаи васеъ доранд: шенит ва полигалит – дар соҳаи кишоварзӣ ҳамчун нурии калийгию магнийдор барои баланд бардоштани ҳосилокӣ ва беҳтар намудани таркиби хок истифода мешаванд; эпсомит – дар соҳаи тиб барои омода намудани ваннаҳои табобатӣ, ором кардани мушакҳо ва хастагӣ истифода мегардад; сингенит ва арканит – манбаи хуби калий ва сулфатанд, ки дар соҳаи кишоварзӣ ҷиҳати баландбардоштани ҳосилнокӣ

истифода мешаванд; гипс ва калсит бошанд дар саноати сохтмон барои истеҳсоли семент, андова ва омехтаҳои сохтмонӣ васеъ истифода мегарданд; доломит дар соҳаи шишабарорӣ, сохтмон ва хиштҳои ба ҳарорати баланд тобовар истифода карда мешаванд; магнезит ($MgCO_3 \cdot 3H_2O$), ($MgSO_4 \cdot 12H_2O$), инчунин карбонатҳои калию калсий - $K_2CO_3 \cdot CaCO_3$ ва $K_2CO_3 \cdot nH_2O$ (бо дараҷаҳои гуногуни гидротатсия) – дар саноати химия, истеҳсоли шиша ва инчунин ҳангоми таёр кардани маҳлулҳои буферӣ истифодаи васеъ доранд.

Корхонаҳои саноатие, ки дар онҳо чунин намакҳо ҳосил мешаванд ё истифода мегарданд маълумотҳои дар диссертатсия овардашударо барои таҳияи технологияҳои коркарди такрории партовҳои намакдор ва истифодаи оқилонаи захираҳои истифода намоянд.

АДАБИЁТИ ИСТИФОДАШУДА

1. Солиев, Л. Асосҳои таҳлили физико-химиявӣ / Л. Солиев. – Душанбе: 2020. – 151с.
2. Аносов, В. Я. Основы физико-химического анализа / В.Я. Аносов, М.И. Озерова, Ю.Я. Фиалков. –М: Наука, –1976. –506 с.
3. Михаева, В. И. Метод физико-химического анализа в неорганическом синтезе / В.И. Михаева. –М.: Наука, –1975. –272 с.
4. Горощенко, Я. Г. Массцентрический метод изображения многокомпонентных систем / Я.Г. Горощенко. – Киев.: Наукова думка, – 1982. –264 с.
5. Горощенко, Я. Г. Основные напровления в методологии физико-химического анализа сложных и многокомпонентных систем / Я.Г. Горощенко, Л. Солиев // Журнал неорганической химии. – 1987. – Т. 32. – № 7. – С. 1676-1681.
6. Мазунин, С. А. Основы физико – химического анализа: учеб. пособие для хим. специальностей вузов. В 2 ч. Ч. 2. Многокомпонентные водно – солевые системы / С.А. Мазунин, Г.С. Посягин. –Пермь: Изд-во –Перм. ун – та, –2000. –251 с.
7. Курнаков, Н. С. Введение в физико-химический анализ / Н.С. Курнаков. – М.: –Л.: Изд-во АН СССР. –1940. –562 с.
8. Горощенко, Я. Г. Изображение системы $K,Mg//SO_4,Cl-H_2O$ массцентрическим методом / Я.Г. Горощенко, Л.Т. Савченко, Л. Солиев, В.Х. Марданенко // Доклады АН Украинской ССР, Серия Б. – 1977. – № 1. – С. 34-36.
9. Горощенко, Я. Г. Изображение системы $Na,K,Mg//SO_4,Cl-H_2O$ массцентрическим методом / Я.Г. Горощенко, Л.Т. Савченко, Л. Солиев, В.Х. Марданенко, Л.А. Борисенко // Украинский химический журнал. –1977. –Т. 43. – № 10. –С. 1053-1058.

10.Горощенко, Я. Г. Система Na,K,Mg//SO_4,Cl-H_2O при 100°С / Я.Г. Горощенко [и.др] // Журнал неорганической химии. – 1977. – Т. 22. – № 11. – С. 3129-3134.

11.Горощенко, Я. Г. Строение фазового комплекса изотермы растворимости 100 °С системы Na, K,Mg//SO_4,Cl-H_2O / Я.Г. Горощенко, Л.С. Солиев, Л.Т. Савченко, В.Х. Марданенко // Украинский химический журнал. –1977. – Т. 23. – №12. – С.1277-1280.

12.Солиев, Л. Построение фазового комплекса физико-химических систем методом трансляции / Л. Солиев, Я.Г. Горощенко, Л.Т. Савченко, В.К. Марданенко // Журнал физической химии. – 1979. – Т. 53. – №2. – С. 332-336.

13.Горощенко, Я. Г. Пути кристаллизации в системе Na,K,Mg//SO_4,Cl-H_2O при 75 °С / Я.Г. Горощенко [и др] // Украинский химический журнал – 1979. – Т.45. – №4. – С.321-327.

14.Солиев, Л. Система NaCl-KCl-$MgCl_2$-$CaCl_2$-H_2O при 25°С / Л. Солиев // Журнал неорганической химии. –1979. –Т. 24. – №11. –С. 3112-3115.

15.Солиев, Л. Исследования фазовых равновесий в многокомпонентных физико-химических системах / Л. Солиев // Журнал физической химии. – 1980. – Т. 54. – № 6. – С. 1541-1544.

16.Горощенко, Я. Г. Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем / Я. Г. Горощенко. – Киев: Наукова думка, –1978. – 490 с.

17.Кистанова, Н.С. Оптимизация исследования многокомпонентных водно-солевых систем методом сечений / Н.С. Кистанова, С.А. Мазунин, С.И. Фролова // Наука и иновации XXI века: материалы VII окружной конф. молодых ученых. (Сургут, 23 – 24 ноября 2006 г). Сургут: Изд-во СурГУ, 2007. – Т.1. – С. 110 – 112.

18.Посыпайко, В. И. Методы исследования многокомпонентных солевых систем / В.И. Посыпайко. – М.: Наука. 1978. – 256 с.

19.Трунин, А. С. О методологии экспериментального исследования многокомпонентных солевых систем / А.С.Трунин // Труды Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. – 1980. – № 443. – С.37-73.

20.Трунин, А. С. Реализация комплексной методологии исследования химического взаимодействие и фазовых равновесий в многокомпонентных системах / А.С. Трунин // – Деп. в ВИНИТИ АН СССР. 17.02.82, – № 707-82.

21.Трунин, А. С. Основы тенденции в использовании диаграмм состояния систем / А.С. Трунин. // – Деп. в ВИНИТИ АН СССР 12.03.1982, № 1072 – 82.

22.Трунин, А. С. Выявление характера и месторасположения точек нонвариантного равновесия / А.С. Трунин. // – Деп. в ВИНИТИ АН СССР 12.10.1982, № 5143 – 82.

23.Перельман, Ф. М. Изображения химических диаграмм с любым числом компонентов / Ф.М. Перельман –М.: Наука, –1965. – 100 с.

24.Луцык, В. И. Отображение машинной графикой диаграмм четверных система в проекциях концентрационного тетраэдра / В.И. Луцык, В.П. Воробьева. // Журнал неорганической химии. – 1994. – Т. 39, – № 5. – С. 850 – 854.

25. Слюсаренко, Е. М. Прогнозирование взаимодействия химических элементов в многокомпонентных системах / Е. М. Слюсаренко. // М.: – 1998. – 359 с.

26.Жариков, В. И. Основы физико-химической петрологии / В.И. Жариков. – М.: – Изд-во – МГУ, –1976. – 420 с.

27.Нукурашина, Н. И. Приложение его к изучению многофазного состояния многокомпонентных систем / Н.И. Нукурашина, Р.В. Мерцлин. // – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1969. – 120 с.

28. Harvie, C. E. Mineral equilibrium in a six-components seawater system Na-K-Mg-Ca-Cl-SO_4-H_2O at 25°C. II compositions of the soluroted solutions /C.E. Harvie, H.P. Eugster, J.H. Weare // Geochem at Cosmochim Acta. – 1982, –Vol. 46. –№ 9. – P. 1603-1618.

29. Harviec, C. E. The prediction of miniral Soliblities natural water the Na-K-MgCa-Cl-SO_4-H_2O system / C.E. Harviec, J.H. Weare // Geochemica at Cosmochimica Acta. –1980. –Vol. 44. –№ 7. –P. 981-995.
30. Eugster, H. P. The prediction of mineral solubilities natural water the Na-K-Mg-Ca-Cl-SO_4-H_2O system from zero to high concentration at 25 °C / H.P. Eugster, C. E. Harvie, J.H. Weare // Geochemima at Cosmochimica Acta. – 1980. – Vol. 44. – № 9. – P. 1335-1347.
31.Pitzer, K.S. Termodynamcs of electrolytes 1V. Activity and osmotic coefficients for mixed electrolytes / K.S. Pitser, J. Kim // Journal American Chemical Soctarey. – 1974. – Vol. 96. –№ 18. –P. 5701-5707.
32.Солиев, Л. Фазовые равновесия в системе Na,K,Mg,Ca//SO_4,Cl-H_2O при 25 °С фрагмент шенита и леонита / Л. Солиев // Украинский химический журнал. – 1988. – Т.54. – № 2. – С.121-124.
33.Солиев Л. Фазовые равновесия изотермы 25°С системы Na,K,Mg,Ca//SO_4,Cl-H_2O фрагмент глазерита / Л. Солиев // Журнал неорганической химии. – 1995. – Т. 40. – № 7. – С. 1206-1208.
34.Тошов, А. Ф. Прогнозирование фазовых равновесий в системе Na-K,Mg,Ca//SO_4,Cl-H_2O методом трансляции: автореф. дисс…. канд. хим. наук. / А.Ф. Тошов // – Душанбе, – 2000. – 22 с.
35.Авлоев, Ш.Х. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,K//SO_4,CO_3,F-H_2O при 0 и 25°С: автореф. дисс. канд. наук / Ш. Х. Авлоев. –Душанбе, –2007. – 22 с.
36.Турсунбадалов, Ш. Т. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,K//SO_4,CO_3,HCO_3-H_2O при 0 и 25 °С: автореф. дисс. канд. хим. наук. / Ш. Т. Турсунбадалов. – Душанбе, – 2010. – 24 с.
37.Мусоджонова, Дж. М. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,K//SO_4,HCO_3,F-H_2O при 0 и 25 °С: автореф. дисс… канд. хим. наук/ Дж. М. Мусоджонова. –Душанбе. – 2011. – 24 с.

38.Усмонов, М. Растворимость в системе $CaSO_4$-$CaCO_3$-CaF_2-H_2O при 25^0C / М. Усмонов, Л. Солиев, И. Низомов. // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2012. – Т. 55. – № 10. – С. 811-817.

39.Солиев, Л. Фазовые равновесия в системе Na,K,Mg,Ca//SO_4,Cl-H_2O при 25^{o}C в области кристаллизации гипса / Л. Солиев // Журнал физической химии. – 1999. – Т.73. – №5. – С. 589-592.

40.Солиев, Л. Система NaCl-KCl-$MgCl_2$-$CaCl_2$-H_2O при температуре 25 ^{o}C / Л.Солиев // Журнал неорганической химии. – 1779. – Т. 24. – № 11. – С. 3112 – 3115.

41.Нури, В. Н. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,Ca//|SO_4,HCO_3,F-H_2O при 0 и 25 ^{o}C: автореф. дисс. канд. хим. наук. / В. Н. Нури. –Душанбе, 2016. – 25с.

42.Перова, А. П. Физико-химическое исследование равновесий в многокомпонентных водно-солевых систем из хлоридов и сульфатов калия, магния и кальция: автореф. Дисс... д-ра хим. наук / А. П. Перова . – Фрунзе, 1973. – 53 с.

43.Лепешков, И. Н. Физико-химическое изучение системы из K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O при 35 ^{o}C / И. Н. Лепешков, Л. В. Новикова // Журнал неорганической химии. – 1958. – Т. 3. – № 10. –С.2393-2407.

44.Гуломикбол, Г. Фазовые равновесия и растворимость в системе Na,Ca//CO_3,HCO_3,F-H_2O при 0 и 25 ^{o}C: автореф. канд. хим. наук / Г. Гуломикбол. –Душанбе, – 2018. – 59 с.

45.Горощенко, Я. Г. Определение положения нонвариантных точек на диаграммах растворимости методом донасыщения / Я. Г. Горощенко, Л. Солиев, Ю. И. Горников // Украинский химический журнал. – 1987. – Т. 53. – №6. – С.568-571.

46.Soliev, L. Phase equilibrium of Na,Ca//SO_4,CO_3,HCO_3-H_2O systems at 50 °C / L. Soliev, M. T. Jumaev // Applied solid state chemistry. – 2018. – № 4.(5). – P. 192-198.

47.Бодалева, Н. В. Исследование растворимости в системе K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O при температуре 55^{o}C / Н. В. Бодалева, И.Н.

Лепешков // Журнал неорганической химии. – 1956. – Т. 1. – № 5. – С. 995-1007.

48.Низомов, И. М. Фазовые равновесия и растворимость системы $Na,K//CO_3,HCO_3,F-H_2O$ при 0 и 25 °С: автореф. дис … канд. хим. наук / И. М. Низомов. – Душанбе: – 2009. – 22 с.

49.Солиев, Л. Фазовые равновесие в системе $K,Mg,Ca//SO_4,Cl-H_2O$ при 55 °С / Л. Солиев, Я. Г. Горощенко, М. А. Горников, Н. М. Патриляк // Украинский химический журнал. – 1991. – Т. 57. – № 4. – С.351-355.

50.Усмонов, М. Фазовые равновесия и растворимость системе $Na,Ca//SO_4,CO_3,F-H_2O$ при 0 и 25 °С: автореф. дис… канд. хим. наук / М. Усмонов. – Душанбе, 2015. – 24 с.

51.Жумаев, М. Т. Фазовые равновесия и растворимость в системе $Na,Ca//SO_4,CO_3,HCO_3-H_2O$ при 0 и 25 °С: автореф. дис... канд. хим. наук / М. Т. Жумаев. – Душанбе, 2018. –24 с.

52. Маҳмадов Ҳ. Р. Политермаи ҳалшавандавгӣ ва комплекси фазагии ситемаи обӣ- намакии сулфатҳо, карбонатҳои натрию калтсий: автореф. дис…. канд. хим. наук / Ҳ. Р. Маҳмадов. – Душанбе, 2024. – 24 с.

53. Горощенко, Я. Г. Система $MgO-FeO-Al_2O_3-SiO_2$ / Я. Г. Горощенко, Л. Солиев // Журнал неорганической химии. – 1985. – Т. 30. – № 5. – С. 1348-1351.

54.Горощенко, Я. Г. Строение системы $MgO-CaO-FeO-Al_2O_3$ / Я. Г. Горощенко, Л. Солиев // Журнал неорганической химии. –1985. – Т. 30. – №10. – С. 2669-2671.

55.Горощенко, Я. Г. Диаграмма состояния системы $MgO- CaO-FeO-SiO_2$ / Я.Г.Горощенко, Л.Солиев // Журнал неорганической химии. –1986. –Т. 31. – № 6. – С.1526-1529.

56.Горощенко, Я. Г. Строение системы $CaO-FeO-Al_2O_3- SiO_2$ / Я. Г. Горощенко, Л. Солиев // Журнал неорганической химии. – 1987. – Т. 32. – № 1. – С. 188-192.

57.Горощенко, Я. Г. Строение системы $MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$ / Я. Г. Горощенко, Л. Солиев // Журнал неорганической химии. – 1987. – Т. 32. – № 4. – С. 1033–1037.

58.Горощенко, Я. Г. Система $MgO-CaO-FeO-Al_2O_3-SiO_2$ / Я.Г. Горощенко, Л. Солиев // Журнал неорганической химии. - 1987. – Т. 32. – № 8. – С. 2023–2028.

59.Эрматов, А. Г. Утилизация отходов производства алюминия / А. Г. Эрматов, У. М. Мирсаидов, Х. С. Сафиев, Б. Азизов. – Душанбе, 2006. – 62 с.

60.Мирсаидов, У. М. Проблемы экологии и комплексная переработка сырья и отходов производства / У. М. Мирсаидов, М. Э. Исматдинов, Х. С. Сафиев. – Душанбе: Дониш, 1999. – 53 с.

61.Сафиев, Х. С. Конверсия сульфатных растворов шламовых полей производства алюминия / Х. С. Сафиев, Б. С. Азизов, М. М. Абдуллоев, Д. Р. Рузиев, Д. С. Лангариева // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2000. – Т. 43. – № 1. – С. 31-34.

62.Сафиев, Х. Физико-химические аспекты технологии получения криолита, используемого для производства алюминия, гидрохимическим способом с использованием поваренной соли / Х. Сафиев, Н. А. Наимов, Д. Р. Рузиев //iPoiytech Jornal. – 2022. – Т. 26. – № 2. – С. 348-356.

63.Мирсаидов, У. Кинетика процесса получения кальцинированной соды / У. Мирсаидов, Б. С. Азизов, М. М. Абдуллоев, Д. Р. Рузиев, Д. С. Лангариева // Доклады АН Республики Таджикистан. –2000. –Т.43. – № 1-2. – С.35-38.

64.Мирсаидов, У. Технологические основы получения криолит-глиноземного концентрата из местных сырьевых материалов и отходов производства алюминия / У. Мирсаидов, Б. С. Азизов, М. М. Абдуллоев, Д. Р. Рузиев, Д. С. Лангариева // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. ПРОТЕК. – М., 2001, – С. 760-763.

65.Мирсаидов, У. Кинетика процесса спекания производства криолит-глиноземной смеси из отходов Тад Аза и местного минерального сырья / У. Мирсаидов, Б. С. Азизов, М. М. Абдуллоев, Д. Р. Рузиев, Д. С. Лангариева // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. ПРОТЕК. – М., 2001. - С. 764-766.

66.Лангариева, Д. С. Физико-химические основы переработки алюминиевого производства с использованием местных сырьевых материалов: автореф. дисс… канд. хим. наук / Д. С. Лангариева – Душанбе, 2002. –22 с.

67.Сафиев, Х. С. Десульфатизация раствора шламовых полей алюминиевого производства / Х. С. Сафиев, Б. С. Азизов, Д. Р. Рузиев, М. М. Абдуллоев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 1999. – Т. 42. – № 2. – С.46-49.

68.Абдуллоев, М. М. Десулфатизация растворов шламовых полей алюминиевого производства / М. М. Абдуллоев, Б. С. Азизов, Д. Р. Рузиев, Х. С.Сафиев // Материалы научно-практической конференции ТГНУ, посвященной 1100-летию государства Саманидов. – Душанбе, – 1999. – С. 60.

69.Абдуллоев, М. М. Конверсия сульфатов, осажденных из растворов шламового поля алюминиевого производства / М. М. Абдуллоева, Б. С. Азизов, Д. Р. Рузиев // Материалы научно-практической конференции ТГНУ, посвященной 1100-летию государства Саманидов. – Душанбе: – 1999. – С. 61.

70.Азизов, Б. С. Конверсия сульфатов, полученных из растворов шламовых полей производства алюминия / Б.С. Азизов, М.М. Абдуллоев, Х.С. Сафиев, Д.Р. Рузиев, Д.С. Лангариев // ДАН Республики Таджикистан. –2000. – Т. 43. – №1. – С. 31-35.

71.Азизов, Б. С. Утилизация растворов шламовых полей алюминиевого производства / Б. С. Азизов, У. М. Мирсаидов, Х. С. Сафиев, Д. Р. Рузиев. // Сборник трудов Международной научно-практической

конференции «Производство. Технология. Экология». –М., –2001. – С .723-729.

72.Мирсаидов, У. М. Кинетика кристаллизаций смешанных солей из растворов шламового поля ТадАЗа / У. М. Мирсаидов, Х. С. Сафиев, Б. С. Азизов, Д. Р. Рузиев, Д. С. Лангариева // Сборник трудов Технологического университета Таджикистана. – Душанбе, – 2001. – № 7. – С.158-167.

73. Processing of the technological process of separation of aluminum-fluoride sinter / N.A. Naimov, H. Safiev, J.R. Ruziev, R.S. Rafiev, P.T. / Bulletin of the Pedagogical University named after Sadridin at the present time (existing sciences). – 2022. — № 3 (15). – P. 116-121.

74.Сафиев, Х. С. Физико-химические основы комплексной переработки низкокачественного алюмосодержащего сыря: дис. … д-ра хим. наук / Х. С. Сафиев. – Душанбе, – 1997. – 268 с.

75.Сафиев, Х. С. Осаждение сульфата натрия из растворов шламовых полей алюминиевого производства / Х. С. Сафиев, Б. С. Азизов, Д. Р. Рузиев, Д.С. Лангариева // Вестник национального Университета. – 2002. – № 4. – С. 31-36.

76.Азизов, Б. Физико-химическое и технологическое основы комплексной переработки жидких и твёрдых отходов производства алюминия: автореф. дис... канд. хим. наук / Б. Азизов. –Душанбе, – 2003. – 50 с.

77.Коган, В. Б. Справочник по растворимости / В. Б. Коган, С. К. Огородников, В. В. Кафаров. – Л.: – Наука, 1966. –Т.3, кн. 2. – С. 362 – 408, 1049 с.

78.Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Т. I, кн. 1 – 2. – СПб.: Химиздат, – 2003, – 1152 с.

79.Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Т. II, кн. 1 – 2. – СПб.: Химиздат, 2004, – 1248 с.

80.Солиев, Л. Строение диаграммы фазовых равновесий системы Na,Ca//SO_4,HCO_3-H_2O при 0 и 25 ^oC / Л. Солиев, М. Т. Джумаев, Ш. Х. Авлоев // Материалы международной конференции “Экологобезопасные и ресурсоберегающие технологии и материалы”. – Улан-Удэ: 2014. – С. 226-228.

81.Солиев, Л. Схематические диаграммы фазовых равновесий в многокомпонентных системах / Л. Солиев // Журнал неорганической химии. – 1988. – Т. 33. – № 5. – С. 1305-1310.

82.Солиев, Л. Фазовые равновесия системы K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O при 0 ^oC / Л. Солиев, А. Тошов, С. Умарали // Материалы международной конференции теплофизической школы. – Душанбе.: Тамбов, 2015. –С. 418-424.

83.Умаралии, С. Муайянсозии мувозинатҳои фазагии системаи K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC / С. Умаралии, Л. Солиев, А. Тошов // Международных научно – практичекой конференции «Пути и направления рационального использования водных ресурсов Таджикистана», посвященная деятельную национального действия «Вода для устойчивого развития 2018 – 2028 годы». –Душанбе, – 2017. – С. 179-182.

84.Умаралии С. Строение фазового комплекса системы K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O при 0 и 25 ^oC / С. Умарали, Л. Солиев, А. Тошов // Материалы Байкалский материаловедческий форум. –Улан- Удэ, 2018. – С. 108-111.

85.Солиев, Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. Кн 1. / Л. Солиев. – Душанбе: ТГПУ им. К. Джураева, 2000. –247 с.

86.Солиев, Л. Фазовые равновесия системы K.Mg//SO_4 CO_3-H_2O при 25 ^oC / Л. Солиев, С. Умарали, Б. Ҷаборзода // Международный научный журнал “Символ науки”. – 2018. № 4. – С. 11-15.

87. Умаралии, С. Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагии системаи K,Mg// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^0C / С. Умаралӣ, Л. Солиев

// Международной научно практической конференции «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века» –Казахстан, – 2019. – С. 135-138.

88.Солиев, Л. Мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 0 ^oC /Л.Солиев, М.Б. Усмонов, С.Умаралӣ // Пайёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ, – 2020. – № 3. – С. 229-234.

89.Умаралии, С. Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC / С. Умаралӣ, Л. Солиев // Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Таҳқиқи таълими тафриқа» –Душанбе, –2019. – С.164-167.

90.Умарали, С. Муайянсозии мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 0 ^oC / С. Умаралӣ, М.Б. Усмонов // Пайёми политехникӣ. Бахши татқиқотҳои муҳандисӣ. – 2022. –№ 4. (60). – С. 72-79.

91.Умарали, С. Мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O дар ҳарорати 0 ^oC / С. Умаралӣ, М.Б. Усмонов // Материалы международная научно – методическая конференция на тему «Прогресс науки химии, технологии и экологии» посвященная 20 – летию образования кафедры «Химической технологии и экологии» и «Двадцатилетию изучения и развития естественно – математических и точных дисциплин в области науки и образования». – Душанбе, 2023. – С. 107-110.

92.Умаралии, С. Мувозинатҳои фазагии системаи K_2CO_3-$MgCO_3$-$CaCO_3$-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC / С. Умаралии, М. Б. Усмонов // Весник Педагогического Университета. – 2021. – № 1 (10-11). – С.130-135.

93.Умарали, С. Муайянсозии мувозинатҳои фазагии системаи K_2CO_3-$MgCO_3$-$CaCO_3$-H_2O дар ҳарорати 25 ^oC / С. Умарали, М. Б. Усмонов, Ҳ. Рустамов // Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы металлургической промышленности» посвященной провозглашению четвертой

общенациональной цели - индустриализации страны и 25-летию кафедры «Металлургия». –Душанбе, 2021. – С. 386 – 389.

94.Умаралии, С. Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагӣ ва диаргаммаи Системаи K_2CO_3-$MgCO_3$-$CaCO_3$-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC / С. Умаралӣ, М. Б.Усмонов // Паёми донишгоҳи омӯзгорӣ. Бахши илмҳои табиӣ. –2023. – № 4 (20). – С.93 – 98.

95.Солиев, Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. Кн. 2 / Л. Солиев. Изд-во «Шучоиён», –2011. –147 с.

96.Умаралии, С. Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca//SO_4,CO_3 -H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^oC / С. Умаралӣ, Л. Солиев, Ш. Б. Муҳиддинов // Конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи “Заминаҳои рушд ва дурнамои илми химия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон” Башида ба 60-солагии факултети химия. Душанбе, 2020. – С. 40-44.

97.Умарали, С. Мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи К,Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 25 ^oC / С. Умаралӣ // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. –2022. –№ 1. – С. 223 – 233.

98.Сизых, А. И. Оптический определитель минералов: учебное пособие / А. И. Сизых, В. А. Буланов. – Иркутск: Изд-во. ИГУ, 2011. – 279 с.

99.Пунин, Ю. О. Аномальная кристаллооптика гетерогенных кристаллов / Ю. О. Пунин, А. Г. Штукенберг // Кристаллография. – 2005. – Т. 50. –№ 2. – С. 332-343.

100.Золотов, Ю. А. Основы аналитической химии. Кн. 1 / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева. –М.: Высшая школа, –2004. –361 с.

101.Резников, А. А. Методы анализа природных вод / А.А. Резников, Е.П. Муликовская, И. Ю. Соколов. –М.: – Недра, 1970. – 488 с.

102. Викторов, М. М. Графические расчеты в технологии неорганических веществ / М. М. Викторов. – Л.: –Химия, 1972. – 464 с.

103. Мирзоев, Б. Получение коагулянтов из нефелиновых сиенитов / Б. Мирзоев, Ф. Исомидинов, Х. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 1999. – Т. 43. – № 2. – С. 5-9.

104. Тураев, С. С. Технологические основы переработки местного алюминий содержащего сырья кислотным способом / С. С. Тураев, Б. Мирзоев // Вестник Таджикского национального университета. – 2009. – № 49. – С. 150-153.

105. Гафуров, М. З. Получение коагулянтов из местного сырья и производственных отходов / М. З. Гафуров, Б. Мирзоев, Дж. Давлатмиров // Вестник Таджикского технического Университета им. акад. М.С. Осими. – 2010. – № 4 (12). – С. 27-29.

106. Мирзоев, Б. Исследования соляно-кислотного способа переработки алюмосодержащего мономинерала мусковита / П.Мирзоев, Х.С. Сафиев, Б. Мирзоев, Х. Бобоев // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. – 2016. № – 1/3 (200). – С. 164 -168.

107. Тураев, С. С. Физико–химическое изучение алюмофторидного спека / С. С. Тураев, Б. Мирзоев, Дж. Рузиев // Мат. межд. конф. “Наука и современное образование проблемы и перспективы”, посв. 60-летию ТНУ. – Душанбе, 2008. – С.123 – 124.

108. Посыпайко, В. И. Прогнозирование химического взаимодействия в системах из многих компонентов / В. И. Посыпайко, С. А. Тарасевич, Е.А. Алексеева, Н.А. Васина, Е.С. Грызлова, А.С. Трунин // М.: Наука, 1984. – 214 с.

109.Трунин, А. С. Многокомпонентные солевые системы: методология исследования, достижения, перспективы / А. С. Трунин, О. Е. Моргунова // доклад на 68-х Курнаковских чтениях. – Журн. неорган. химии. – 2012. – Т. 57. – №8. – С.1243–1250.

110.Трунин, А. С. Развитие физико-химического анализа многокомпонентых систем в г. Самаре / А. С. Трунин, О. Е. Моргунова // Сборник трудов X Междун. Курнаковского совещания по физико-

химическому анализу. – Самара.: Самар. гос. техн. ун-т. 2013. – Т. 1. –С. 171-174.

111. Прохоренко, Н. Н. Моделирование процессов переноса в многофазных и многокомпонентных системах / Н. Н. Прохоренко // Энергия: экономика, техника, экология. – 2013. – № 6. – С. 2-9.

112. Солиев, Л. Фазовый комплекс системы Na, Ca//SO_4, CO_3, HCO_3-H_2O при 75 °С / Л. Солиев, М. Т. Жумаев, И. М. Низомов // Uzbek Chemical Journal (O'Zbekiston Kimyo Jurnali). – 2020. – №. 2. – С. 16 – 23.

113. Кистанова, Н. С. О методах исследования фазовых равновесий в водно-солевых системах в изотермических условиях / Н. С Кистанова, С. А. Мазунин // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. – 2013. – № 2 (10). – С. 86-95.

114. Солиев, Л. Определение фазовые равновесия в системе K, Ca//CO_3, HCO_3-H_2O при 0 И 25 °С / Л. Солиев, Л. Имомова // Паёми донишгоҳи омӯзгорӣ. – 2020. – С. 122-127.

115.Мазунин, С. А. Комбинированный метод исследования растворимости в тройных водно-солевых системах / С. А. Мазунин // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. – 2011. – № 2. – С. 45-59.

116. Азизов, З. К.Определитель минералов: учебное пособие / З. К. Азизов, С. А. Пьянков. – Ульяновск, 2006. – 53 с.

117. Янцер, О. В. Основы минералогии, кристаллографии и петрографии / О. В. Янцер. – М.: – 2014. –116 с.

118. Умарали, С. Ҳалшавандагии системаи обӣ – намакии сулфатҳои калий, магний, калсий барои ҳарорати 0 °С / С. Умарали, П. А. Мухторов, М.Б. Усмонов // Паёми Донишгоҳи омӯзгорӣ. Бахши илмҳои табиӣ. – 2024. –№ 4. – С.104 – 110.

119. Умаралии, С. Диаграммаи ҳалшавандагии системаи обӣ- намакии сулфатҳои калий, магний, калсий барои ҳарорати 0°С / С.Умаралӣ, М.Б.Усмонов, П. А. Мухторов // Маҷмуи маводҳо Хонишҳои XIX Нӯъмоновӣ «Рушди кимиё бунёди ва амалӣ ва саҳми он дар саноатикунонии кишвар». –Душанбе, 2024. – С. 156-160.

120. Умаралии, С. Диаграммаи ҳолатии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25 ^{0}C аз рӯи далелҳои ҳалшавандагӣ / С. Умаралӣ, М. Б. Усмонов // «Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико–химиявӣ», бахшида ба элон гардидани ҳадафи чоруми стратегӣ–саноатикунонии кишвар, солҳои 2022–2026. – Душанбе, 2025. – С.127-130.
121. Умаралии, С. Ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи обӣ-намакии карбонатҳои калий, магний ва калсий барои ҳарорати 25 °С / С. Умаралӣ, М. Б. Усмонов // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2024. – №3. – С. 183-192.
122. Ковба, Л. М. Рентгенофазовый анализ / Л. М Ковба, В. К. Трунов. – М.: Изд-во. МГУ, 1976. –184 с.
123. Михеева, В.И. Рентгенометрический определитель минералов / В.И. Михеева. – М.: Госгеолтехиздат, 1975. – 478 с.
124. Умаралии, С. Разработка энергоэффективной технологии разделения многокомпонентной водно – сульфатной системы K_2SO_4 – $CaSO_4$ – $Al_2(SO_4)_3$ – H_2O на основе температурно-индуцированной кристаллизации / П. А. Мухторов, М. Б. Усмонов, С. Умаралӣ [и др] // Политехнический журнал. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – № 4 (72). – С. 60 – 65.
125. Умаралии, С. Строение фазового комплекса водно-солевой системы из сульфатов и карбонатов калия, кальция при 0^o С / Л. Солиев, С.Умаралӣ, Г. Сино // Международный научниый журнал. «Символ науки». -2019. –С.12-16.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТ АЗ РӮЙИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмии тавсияшудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашршуда:

[1-М]. **Умаралии, С.** Разработка энергоэффективной технологии разделения многокомпонентной водно – сульфатной системы K_2SO_4 – $CaSO_4$ – $Al_2(SO_4)_3$ – H_2O на основе температурно-индуцированной кристаллизации / П.А.Мухторов, М.Б. Усмонов, **С. Умаралӣ,** Х.

Курбанова, Х.И. Холов // Политехнический журнал. Серия: Инженерные исследования. -2025, -№ 4 (72). С. 60 – 65.

[2-М]. **Умаралии, С.** Метод трансляции для построения фазовых диаграмм в многокомпонентных водно – солевых системах на примере K,Mg,Ca//SO_4,CO_3-H_2O / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов, П.А. Мухторов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Санкт-Петербург -2025. -№2. –С. 120-127.

[3-М]. **Умаралии, С.** Мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 0^0С/. Л. Солиев, М.Б. Усмонов, **С.Умаралӣ,** Б. Ҷабборзода // Пайёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. -2020. -№3. –С. 229 -234.

[4-М]. **Умаралии, С.** Мувозинатҳои фазагии системаи K_2CO_3-$MgCO_3$-$CaCO_3$-H_2O дар ҳарорати 25^0С / **С.Умаралӣ,** М.Б. Усмонов // Паёми Донишгоҳи омӯзгорӣ. Бахши илмҳои табиӣ. -2021. -№1(10-11). –С.130-136.

[5-М]. **Умаралии, С.** Мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 25^0С/ **С.Умаралӣ** // Пайёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. -2022. -№1. –С. 223-233.

[6-М]. **Умаралии, С.** Муайянсозии мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 0^oС / **С.Умаралии,** М.Б. Усмонов // Пайёми политехникӣ. Бахши татқиқотҳои муҳандисӣ. -№4(60). -2022. –С.72-79.

[7-М]. Умаралии, С. Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагӣ ва диаргаммаи системаи K_2CO_3-$MgCO_3$-$CaCO_3$-H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25 ^{o}С / С.Умаралӣ, М.Б. Усмонов // Паёми Донишгоҳи омӯзгорӣ. Бахши илмҳои табиӣ. -2023. -№4(20). –С.93-99.

[8-М]. **Умаралии, С.** Ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи обӣ-намакии карбонатҳои калий, магний ва калсий барои ҳарорати 25°С / **С.Умаралӣ,** М.Б. Усмонов // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. -2024. -№3. –С. 183-192.

[9-М]. **Умаралии, С.** Ҳалшавандагии системаи обӣ - намакии сулфатҳои калий, магний, калсий барои ҳарорати 0°С / **С.Умаралӣ,** П. А. Мухторов, М.Б. Усмонов // Паёми Донишгоҳи омӯзгорӣ. Бахши илмҳои табиӣ. -2024. -№4. –С.104-110.

[10-М]. **Умаралии, С.** Исследование фазовых равновесий в системе K,Al//SO_4,F–H_2O при 25°С с использованием мметода трансляции / П. А. Мухторов, **С.Умаралӣ,** М.Б. Усмонов // Известия НАНТ. -2025. -№1 (198). –С.178-186.

Фишурдаи маърӯзаҳо дар конференсияҳои байналхалқӣ ва ҷумҳуриявӣ

[11-М]. **Умаралии, С.** Фазовые равновесия системы, K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O при 0 ^{0} С / Л. Солиев, **С.Умаралӣ.** А. Тошов // Материалы международной конференции теплофизической школы. –М.Тамбов. -6. -11.10.2015. –С. 418-424.

[12-М]. **Умаралии, С.** Страение фазового комплекса системы K_2SO_4-$MgSO_4$-$CaSO_4$-H_2O при 0 и 25^0 С / А. Тошов // Байкальский материаловедческий форум. –Улан –Уде, -2018. –С. 108-111.

[13-М]. **Умаралии, С.** Фазовые равновесия системы K.Mg//SO_4 CO_3-H_2O при 25^{0}С / Л. Солиев, **С.Умаралӣ,** Б. Ҷаборзода // Международный научниый журнал. «Символ науки». -2018. –С.11-15.

[14-М]. **Умаралии, С.** Строение фазового комплекса водно-солевой системы из сульфатов и карбонатов калия, кальция при 0^o С / Л. Солиев, **С.Умаралӣ,** Г. Сино // Международный научниый журнал. «Символ науки». -2019. –С.12-16.

[15-М]. **Умаралии, С.** Мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 25^{0}С / Л. Солиев, **С.Умаралӣ** // Материалы IV. Международной научно-практической конференции. –Астана. -2019. -С 336-340.

[16-М]. **Умаралии, С.** Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагии системаи K,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25^{0}С / Л. Солиев,

С.Умаралӣ // Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Таҳқиқи таълими тафриқа» . –Душанбе. -2019 . –С. 164-167.

[17-М]. **Умаралии, С.** Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагии системаи Mg,K// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25^{0}C / Л. Солиев, **С.Умаралӣ,** Б. Ҷаборзода // Международной научно практической конференции «Наука и образование в современном мире: ВЫЗОВЫ XXI века». -Нур-султан, -Казахстан. -2019 . -С.135-138.

[18-М]. **Умаралии, С.** Таҳлили муқоисавии мувозинатҳои фазагии системаи Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳароратҳои 0 ва 25^{0}C / Л. Солиев, **С.Умаралӣ //** Конференсияи Ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи «Заминаҳои рушд ва дурнамои илми химия» дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, Башида ба 60-солагии факултети химия. –Душанбе. -2020. –С.41-44.

[19-М]. **Умаралии, С.** Муайянсозии мувозинатҳои фазагии системаи K_2CO_3-$MgCO_3$-$CaCO_3$-H_2O дар ҳарорати 25^{0}C / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов Маводи конференсияи илмӣ- методии байналмилалӣ дар мавзӯи «Нақши илмҳои таббии риёзӣ ва методикаи таълими онҳо дар раванди саноатикунонии бо суръати кишвар» Бахшида ба амали гардонии «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар саҳаи илмӯ маориф (солҳои 2020-2040». -Душанбе . -2022. –С. 338-380.

[20-М]. **Умаралии, С.** Строение фазового комплекса системы Mg,Ca// SO_4,CO_3 - H_2O при 0^{0}C / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов // Материалы всероссийской научной конференции смеждународным участием. Байкальский материаловедческий форум. –Улан-Уде. -2022. –С.172-174.

[21-М]. **Умаралии, С.** Мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи K,Mg,Ca//SO_4,CO_3 - H_2O дар ҳарорати 0^{0}C / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов // Маводи конференсияи илмӣ- назариявии баналмилалӣ дар мавзӯи «Рушди илмҳои химия, технология ва экология». -Душанбе. -2023. –С. 107-110

[22-М]. **Умаралии, С.** Фазовые равновесия системы сульфатов и карбонатов калия, магния, кальция при 25^{0}C / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов // Материалы международной научно-практической конференции по теме

«Актуалные проблемы химической науки промышленности ». –Фаргона. -2023. -С.24-28.

[23-М]. **Умаралии, С.** Фазовые равновесия системы сульфатов и карбонатов калия, магния, кальция при 0 °С **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов // 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Белорусского государственного технологического университета. -2024. -С.114-117.

[24-М]. **Умаралии, С.** Сроение фозового комплекса системы из сулфатов и карбонатов калия, кальция при 0 и 25^{0}С / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов // Международная конференция «Химическая и образование, проблемы и перспективы развития» Дегистанский государственний педагогический унверситет им. Р. Гамзатова. –Махачкала. -2024. -С.90-93.

[25-М]. **Умаралии, С.** Диаграммаи ҳалшавандагии системаи обӣ-намакии сулфатҳои калий, магний, калсий барои ҳарорати 0°С / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов, П. А. Мухторов // Маҷмуи маводҳо Хонишҳои XIX Нӯъмоновӣ «Рушди кимиё бунёди ва амалӣ ва саҳми он дар саноатикунонии кишвар». –Душанбе. -2024. –С.156-160.

[26-М]. **Умаралии, С.** Диаграммаи ҳолатии системаи K,Mg,Ca//SO_4-H_2O барои ҳарорати 25^{0}С аз рӯи далелҳои ҳалшавандагӣ / **С.Умаралӣ,** М.Б.Усмонов // «Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико–химиявӣ», бахшида ба элон гардидани ҳадафи чоруми стратегӣ–саноатиунонии кишвар, солҳои 2022–2026. – Душанбе. -2025. –С. 127-130.