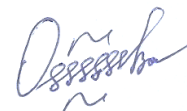


ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ОМУЗГОРИИ ТОҶИКИСТОН
ба номи САДРИДДИН АЙНӢ

Дар асоси дастнавис



ТДУ: 546.1+546.722

ТКБ: 24.1+24.13

О-48

ОЛИМҚОНОВА Нилуфар Ваҳобҷонова

ҲАЛШАВАНДАӢ ВА ФАЗАҲОСИЛШАВИИ СИСТЕМАИ
 $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ДАР ҲАРОРАТҲОИ 273 ВА 298 К

Диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣ
доктори фалсафа (PhD) – доктор аз рӯи ихтисоси 6D060600 – Химия
(6D060601 – Химияи ғайриорганикӣ)

Рохбари илмӣ: номзоди
илмҳои химия, дотсент
Жумаев Маъруфжон
Тағоймуротович

ДУШАНБЕ – 2025

МУНДАРИЧА

Боб ва зербобҳо	Номи боб ва зербобҳо	Саҳ.
	Мундарича.....	2
	Номгӯи аломатҳои шартӣ ва ихтисораҳо.....	4
	Муқаддима.....	5
БОБИ I.	УСУЛҲОИ ОМУЗИШИ СИСТЕМАҲОИ БИСЁРКОМПОНЕНТА ВА ҲОЛАТИ ОМУЗИШИ СИСТЕМАИ ПАНЧКОМПОНЕНТАИ Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+} SO_4^{2-}, HCO_3^--H_2O (Шарҳи адабиёт).....	12
1.1.	Усулҳои омӯзиши системаҳои бисёркомпонента.....	12
1.2.	Усулҳои классикӣ таҳқиқи системаҳои обӣ-намакӣ.....	17
1.3.	Ҳолати омӯзиши системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O	23
БОБИ II.	ФАЗАҲОСИЛШАВӢ ДАР ШАКЛҲОИ ГЕОМЕТРИИ СИСТЕМАИ ОБӢ-НАМАКИИ ПАНЧКОМПОНЕНТАИ Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+} SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O ВА ЗЕРСИСТЕМАҲОИ ЧОРКОМПОНЕНТАИ ТАРКИБИ ОНРО ТАШКИЛДИҲАНДА БО ӢРИИ УСУЛИ ТРАНСЛЯТСИЯ ДАР ҲАРОРАТИ 273 К....	28
2.1.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} HCO_3^- - H_2O	30
2.2.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} SO_4^{2-} - H_2O	33
2.3.	Системаи чоркомпонентаи Ca^{2+} , Al^{3+} SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O	37
2.4.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Al^{3+} SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O	42
2.5.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O	46
2.6.	Изотермаи фазаҳосилшавии системаи панҷкомпонентаи обӣ-намакии Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O дар	

	харорати 273 К.....	48
2.7.	Ҳалшавандагӣ дар нуктаҳои нонвариантии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O барои ҳарорати 273 К.....	61
2.8.	Ҳалшавандагӣ дар нуктаҳои нонвариантии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O барои ҳарорати 273 К.....	79
БОБИ III. ФАЗАҲОСИЛШАВИИ ЭЛЕМЕНТҲОИ ГЕОМЕТРИИ СОҲТОРИ ДИАГРАММАҲОИ СИСТЕМАИ ПАНЧКОМПОНЕНТАИ Na^+, Ca^{2+}, $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ВА ЗЕРСИСТЕМАҲОИ ЧОРКОМПОНЕНТАИ ТАРКИБИ ОНРО ТАШКИЛДИҲАНДА БО ЁРИИ УСУЛИИ ТРАНСЛЯТСИЯ ДАР ҲАРОРАТИ 298 К.....		
		88
3.1.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O	88
3.2.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O	92
3.3.	Системаи чоркомпонентаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	97
3.4.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	100
3.5.	Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	105
3.6.	Фазаҳосилшавӣ дар системаи панчкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	109
3.7.	Ҳалшавандагии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	117
	Хулосаҳои умумӣ.....	126
	Тавсияҳо оиди истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот...	127
	Адабиёти истифодашуда.....	128
	Феҳристи интишороти илмӣ доктарабӣ дарёфти дараҷаи илмӣ аз рӯи мавзӯи диссертатсия.....	143
	Замимаҳо.....	146

Номгӯи аломатҳои шартӣ ва ихтисораҳо:

1. Mib – мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;
2. Gr – гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
3. Al·18 – октадекагидрат сульфати алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$;
4. Nh – нахколит NaHCO_3 ;
5. CaH – гидрокарбонати калтсий $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
6. AlH – гидрокарбонати алюминий $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$;
7. Na·Al·12 – додекагидрати сульфатҳои натрий-алюминий $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$;
8. Gb – глауберит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$;
9. СБ – системаҳои бисёркомпонента;
10. СПМ – системаҳои панҷкомпонентаи муовиза;
11. СЧМ – системаҳои чоркомпонентаи муовиза;
12. СС – системаҳои секомпонента;
13. АТФХ – асосҳои таҳлили физико-химиявӣ;
14. БЯФ – блоки ягонаи фазаӣ;
15. КИО – компонентҳои ибтидоии омехтаҳо.

МУҚАДДИМА

Мубрамияти мавзӯи таҳқиқот. Тараққӣ намудани саноати химиявиро бе истехсоли маводҳои нав ва коркарди ашёи хоми минералӣ тасаввур намудан имконнопазир аст. Чунки он ба таҳқику омӯзиши системаҳои дахлдори химиявӣ алоқаманд мебошад. Дар ин асос доништани қонуниятҳои муттақобилан таъсиркунии моддаҳои химиявӣ дар якҷоягӣ (омехтагӣ) тақозои замон буда, онҳоро усулҳои таҳлили замонавии физико-химиявӣ, ки академик Н.С. Курнаков ва шогирдону пайравони ӯ кашф ва пешниҳод намудаанд, меомӯзад. Чунин тарзи омӯзиши хосиятҳои системаҳои химиявӣ имконият фароҳам меоварад, ки табaddулотҳои дар онҳо ҷойдошта, хусусан табaddулотҳои фазагӣ, кристаллогидратҳои системаҳои химиявиро ташкилкунанда, ҳосилшавии моддаҳои нав ва дигар тағйиротҳои ба хосияти моддаҳо таъсиррасонанда бе ҷудо намуданашон омӯхта шавад ва қонуниятҳои дахлдори ин равандҳоро муайянкунанда муқаррар карда шавад.

Ашёҳои хоми минералӣ - ин маъданҳои ғоиданоке мебошанд, ки дар истехсолоти истифода мешаванд ва барои саноат нақши муҳим доранд. Айни замон аксарияти ашёи хоми истехсолотро маъдан ташкил медиҳад.

Пас аз истихроҷи маъданҳо онҳо коркард шуда, дар баробари моддаҳои заруриро ба даст овардан, боз ҳамчун партов ҷудо карда мешаванд. Партовҳои саноатӣ бошанд, натиҷаи ногузири (хатмии) ҳар як истехсолот ва хатари ҷиддӣ ба муҳити зист буда, ҳар сол дар ҷаҳон якчанд миллиардҳо тонна ҷудо мешавад. Ҳол он ки партови як истехсолот барои дигараш ашёи хоми пурқиммат ба шумор рафта, коркарди такрорӣ на танҳо ба табиат камзарар аст, балки манбаи иловагии даромад ва боигарӣ низ мебошад.

Яке аз чунин саноатҳо дар Тоҷикистон заводи “Алюминийи Тоҷик” буда, партовҳои он майдонҳои ғоиданокро бекор ва муҳити зистро вайрон мекунад. Ҳол он ки дар таркиби партовҳои мазкур мавҷудияти компонентҳои зарурӣ ба монанди фторидҳо, сульфатҳо, гидрокарбонатҳоро

карбонатҳои алюминий, калтсий, калий ва натрий мушоҳида шуда, коркарди такрорашон аз муҳимтаринҳо мебошанд. Бинобар ин муайянкунии фазаҳосилкунии Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 273 ва 298 К имкониятҳои шароити оптималии аз нав коркарди ашёи хом ва партовҳои моеъи саноати истеҳсоли алюминиро, ки иборат аз намакҳо, хусусан компонентҳои болозикр мебошанд, муайян мекунанд.

Дарҷаи таҳқиқи мавзӯи илмӣ. Асосҳои таҳлили физико-химиявӣ, хусусан таҳлил ва таҳқиқи системаҳои химиявӣ аз ҷониби як қатор олимони ба роҳ монда шудааст, ки аз ҷумлаи онҳо Н.С. Курнаков, В.Н. Лодочников, В.П. Радишев, В.Я. Аносов, Д.С. Коржинский, Ф.М. Перелман, В.А. Жариков, В.И. Михеева, Я.Г. Горошенко, А.С. Трунин, Л.С. Солиев ва дигарон мебошанд.

Олимони номбурда таҳқиқотҳои илмиашонро дар системаҳои химиявии металлӣ, оксидӣ, намакӣ вобаста ба ҳарорати гудозиш амалӣ намуда, омӯзиши мувозинатҳои фазагӣ ва ҳалшавандагӣ дар системаҳои химиявии обӣ-намакӣ аз ҷониби Горошенко Я.Г. ва Солиев Л. ба роҳ монда шудааст. Онҳо дар ин самт муайянсозии мувозинатҳои фазагӣ ва ҳалшавандагӣ дар системаи бисёркомпонентаи обӣ-намакии Na , K , Mg , $\text{Ca} \parallel \text{SO}_4$, $\text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$ барои фосилаи ҳароратҳои 0-100 °C дар сатҳи панҷкомпонентагӣ ва ҳудуди майдонҳои кристаллизатсияҳои алоҳидаи он дар сатҳи шашкомпонентагӣ иҷро намуда, диаграммаҳои фазагӣ ва ҳалшавандагии системаи мазкурро сохта, фрагментатсияи фазаҳои алоҳидаи онро ба анҷом расонидаанд. Аммо, дар чараёни таҳлили адабиёт маълум гардид, ки системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ аз ҷониби муҳаққиқон умуман омӯхта нашуда, субсистемаҳои онро ташкилдиханда алалхусус дар сатҳи секомпонентагӣ аз 9 система 4 – тоаш: $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ қисман омӯхта шудааст.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва ё мавзӯҳои илмӣ. Кори диссертатсионӣ вобаста ба вазифаҳои ҳадафи чоруми стратегии миллӣ, ки ба рушди саноати химиявӣ дар асоси ашёҳои хоми маҳаллӣ хусусан

«Стратегияи миллии рушди Тоҷикистон дар давраи то соли 2030» ва вобаста ба он мутобиқи нақшаи лоиҳаи илмӣ-таҳқиқотии «Ҳалшавӣ ва кристаллизатсияи намакҳо дар системаи бисёркомпонентаи аз сулфатҳо, карбонатҳо, гидрокарбонатҳо, фторидҳои натрий, калий ва калсий ташкилёфта» рақами қайди давлатиаш (№ ҚД): 0119 ТҶ 00957) мебошад, ба иҷро расонида шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади асосии кори мазкур муайянсозии фазаҳосилшавӣ ва ҳалшавандагӣ дар системаи бисёркомпонентаи муовизаи обӣ-намакӣ иборат аз катионҳои натрий, калтсий, алюминий ва анионҳои сулфат, гидрокарбонат дар ҳароратҳои 273 ва 298К ва омӯзиши параметрҳои концентратсионии фазаҳо дар шаклҳои геометрии майдонҳо, хатҳо ва нуқтаҳо мебошад.

Бо мақсади расидани диссертант ба ҳадафи дар наздаш гузошташуда чунин вазифаҳо пешбинӣ карда шудааст:

- омӯзиши ҳолати системаи панҷкомпонентаи таҳқиқшаванда ва зерсистемаҳои се ва чоркомпонентаи онро ташкилкунанда бо таҳқиқи фазаҳосилшавӣ ва сохтани диаграммаи сарбасти онҳо;

- мутобиқ ба меъёрҳои усули транслятсия пажӯҳиш бо истифодаи маълумотҳои комплекси фазавӣ дар системаҳои се-чоркомпонента ва фазаҳосилшавӣ дар системаи панҷкомпонента барои изотермаҳои 273 ва 298 К бо сохтани диаграммаҳои ҳолатӣ чиҳати муайян кардани ифодаҳои геометрӣ;

- таҳқиқи сатҳи ифодаҳои геометрӣ дар диаграммаҳои омӯхта ва сохташуда вобаста ба минтақаҳои кристаллизатсияи фазаҳои ҳолис (дар системаҳои чоркомпонента) ва ҳудуди кристаллизатсияи якҷояи 2 фаза (дар системаи панҷкомпонента) ва ба фрагментатсияшон;

- таҳқиқи эксперименталии кор ва натиҷагирӣ аз раванди ҳалшавандагӣ ва дар изотермаҳои 273 ва 298 К сохтани диаграммаҳои ҳолатии (ҳалшавандагӣ) системаҳои чоркомпонентаи таҳқиқшаванда;

- таҳияи схемаи принципаии технологии тарзҳои ҷудокунии фазаҳои саҳти алоҳида дар асоси диаграммаҳои комплекси фазаӣ ва ҳолатии (ҳалшавандагии) зерсистемаҳои системаи бисёркомпонентаи химиявии таҳқиқшаванда.

Объекти таҳқиқоти илмӣ системаи бисёркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} $\parallel$ SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O , субсистемаҳои компонентнокишон чори Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} - SO_4^{2-} - H_2O ; Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} - HCO_3^- - H_2O ; Ca^{2+} , Al^{3+} $\parallel$ SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , Al^{3+} $\parallel$ SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , Ca^{2+} $\parallel$ SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O ва 9 системаҳои секомпонентаи дигар мебошанд.

Мавзӯи таҳқиқоти илмӣ кори диссертатсионӣ ҳалшавандагӣ ва фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} $\parallel$ SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O дар ҳароратҳои 273 ва 298 К мебошад.

Навгони илмӣ диссертатсияи доктор (PhD) – и иҷрошуда дар он ба назар мерасад, ки:

- таҳқиқи вазъи ҳолатии системаи панҷкомпонента ва субсистемаҳои се-чоркомпонентаи онро ташкилқунанда ба роҳ монда шуда, диаграммаҳои фазаҳосилшавиашон сохта шудааст;

- бо истифодаи иттилоотҳои фазаҳосилшавии системаҳои се-чоркомпонента ва имконияти усули транслятсия, аввалин шуда фазаҳосилшавӣ дар субсистемаҳои таркибӣ ва системаи панҷкомпонента муайян карда шуда, теъдоди шаклҳои геометрии он ёфта шудааст;

- бо истифода аз диаграммаҳои сохташуда таҳқиқ ба роҳ монда шуда, ҳудуди майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои алоҳида (барои системаҳои чоркомпонента) ва кристаллизатсияи якҷояи ду фаза (барои системаи панҷкомпонента) фрагментатсия қунонида шудааст;

- эксперименталӣ изотермаи ҳалшавандагии субсистемаҳо омӯхта шуда, аввалин маротиба таҳқиқ дар Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} - SO_4^{2-} - H_2O ,

$\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои 273 ва 298 К амалӣ гардида, диаграммаҳои ҳолатӣ (ҳалшавандагӣ) сохта шудааст;

- аввалин маротиба дар асоси диаграммаи ҳолатии зерсистемаҳои системаи химиявии таҳқиқшаванда схемаи принципалии технологияи тарзҳои ҷудокунӣ фазаҳои саҳти алоҳида аз партовҳои моеъи саноатӣ алюминий пешниҳод карда шудааст.

Аҳамияти назариявӣ ва илмӣ-амалии таҳқиқоти зерин ин:

- параметрҳои оптималии муайяншудаи фазаҳосилшавӣ дар шаклҳои геометрии бо усули транслятсия муқарраргардида метавонанд ҳамчун маводи маълумотӣ истифода гардад;

- қонуниятҳои фазаҳосилшавӣ (комплекси фазагӣ) метавонанд ҳамчун асоси илмӣ ҷиҳати коркарди шароитҳои оптималии ашёи хоми табиӣ полиминералӣ ва аз ҷиҳати техникӣ мураккаб (партовҳои истехсолӣ), ки дорои сулфатҳо, карбонатҳо, гидрокарбонатҳои натрий, калсий ва алюминий зарур мебошанд, истифода гардад.

Муқаррароти асосии кори диссертатсионӣ, ки барои химоя пешниҳод шудаанд, инҳоянд:

- вазъи омӯзиши системаи химиявии панҷкомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва системаҳои чор- ва секомпонентаи онро ташкилдиханда, дар изотермаҳои 273 ва 298 К;

- натиҷаҳои бо усули транслятсия муайяншудаи фазаҳосилшавии системаҳои чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} - \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} - \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар изотермаҳои 273 ва 298 К, инчунин сохтори диаграммаҳои онҳо;

- натиҷаҳои бо усули транслятсия муайяншудаи мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 273 ва 298 К, инчунин сохтори диаграммаҳои он;

- натиҷаҳои омӯзиши ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии субсистемаҳои $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} - \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

изотермаҳои 273 ва 298 К, инчунин сохтори диаграммаҳои ҳолатии онҳо мебошанд.

Дарҷаи ʔтимоднокии таҳқиқот. ʔтимоднок будани натиҷаҳои илмӣ ба даст омадаро усулҳои ҳозиразамони таҳлили физико-химиявӣ, апробатсияи онҳо дар форум, симпозиум, конференсияҳои сатҳҳои байналхалқию ҷумҳуриявӣ ва нашри мавод дар маҷаллаҳои илмӣ профили ʔбот ва асоснок менамоянд.

Мутобикати диссертатсияи доктор (PhD) ба шиносномаи ихтисоси илмӣ 6D.060601 – химияи ғайриорганикӣ.

Натиҷаҳои таҳқиқоти илмӣ дар бораи моддаҳои ғайриорганикӣ, ки мо ба даст овардем, ба талаботҳои умумии шиносномаи ихтисоси илмӣ 6D.060601 – химияи ғайриорганикӣ ҷавобгӯ аст.

Махсусан, зимни таҳқиқот муқаррар гардид, ки хусусиятҳои асосии ин моддаҳо, аз ҷумла рафтори онҳо бо моддаҳои дигар дар шароитҳои гуногун муайян гарданд. Ин ифодакунандаи алоқамандии таркиб, сохт ва хусусиятҳои ин моддаҳои ба ҳамдигар таъсиррасон мебошад, ки дар банҳои алоҳидаи шиноснома дарҷ гардидааст.

Саҳми шахсии муаллиф. Саҳми шахсии муаллиф аз таҳлили адабиёти мавҷуда, банақшагирӣ ва гузаронидани таҳқиқотҳои назариявӣ ва эксперименталӣ, коркард, ҷамъбаст ва таҳлили натиҷаҳои бадастомада, таҳияи хулосаҳо, инчунин, таҳия ва нашри мақолаҳои илмӣ иборат аст.

Тасвир ва амалисозии натиҷаҳои кори диссертатсионии доктор (PhD).

Натиҷаҳои асосӣ ва муҳимтарини иҷрои рисолаи илмӣ мазкур дар конфронсҳои ҷарсолаи илмӣ-назариявии ҳайати профессорон ва омӯзгорони Донишгоҳи давлатии омӯзгирии Тоҷикистон ба номи С. Айни (Душанбе, 2019-2025); конференсияи байналхалқӣ «Экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы» (Улан-Удэ, 2020); конференсияи байналхалқӣ «Проблемаҳои муосири саноати металлургӣ» (Душанбе, 2021); симпозиуми олимони ҷавон «Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях» (Москва, 2021); «IV

Байкальский материаловедческий форум» (Улан-Удэ, 2022); конференсияи байналхалқӣ «Рушди самтҳои нав дар химия ва технологияи химиявӣ» (Душанбе, 2023); форуми умумиҷаҳонии «Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях» (Москва, 2023); «Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико-химиявӣ» (Душанбе, 2023); XIX хонишҳои Нуъмоновӣ «Развитие фундаментальной и прикладной химии и её вклад в индустриализацию страны» (Душанбе, 2024) конференсияи байналхалқӣ «Химическая наука и образование, проблемы и перспективы развития» (Махачкала, 2024); «XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии» (Сириус, 2024); «Вопросы физической и координационной химии» (Душанбе, 2024); «Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико-химиявӣ» (Душанбе, 2025); «IX Булатовские чтения» (Красноярск, 2025); «V форуми маводшиносии Байкал» (Улан-Удэ, 2025); муҳокима шуда, аз апробатсия гузаштаанд.

Интишорот аз рӯи мавзӯи диссертатсияи доктор (PhD). Вобаста ба натиҷаҳои ноилшудаи кори диссертатсионӣ 26 корҳои илмӣ, аз онҳо 2 – нахустпатенти ихтироот, 10 - мақола дар журналҳои аз ҷониби КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва КОА ФР (1-то Scopus) тавсияшуда нашр шудаанд. Боқимонда 14 – то мавод дар шакли фишурдаи маърузаҳо дар симпозиум, форум ва конференсияҳои сатҳҳои гуногуни байналхалқӣ ва ҷумҳуриявӣ ба нашр расидаанд.

Ҳаҷм ва сохтори кори диссертатсионии доктор (PhD). Диссертатсия дастанвисест, ки дар 147 саҳифаи чопи компютерӣ оварда шуда, аз муқаддима, 3 боб ва хулосаҳо ташкил ёфтааст, инчунин дорои 42 расм ва 36 ҷадвал, 131 номгӯи адабиёти иқтибосшуда мебошад.

БОБИ I. УСУЛҲОИ ОМУЗИШИ СИСТЕМАҲОИ БИСЁРКОМПОНЕНТА ВА ҲОЛАТИ ОМУЗИШИ СИСТЕМАИ ПАНЧКОМПОНЕНТАИ Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O

(Шарҳи адабиёт)

1.1. Усулҳои омӯзиши системаҳои бисёркомпонента

Имкониятҳои фазаҳосилшавӣ дар системаҳои химиявӣ асоси назариявии ҳамаи равандҳои технологӣ мебошанд, ки ба коркарди ашёи хоми табиӣ ва техникӣ алоқаманданд. Усули асосии омӯзиши системаҳои химиявӣ ин таҳлили физико-химиявӣ мебошад, ки он имкон медиҳад, боҳамтаъсиркунии байни қисмҳои таркибии онҳо (компонентҳо) – ро дар ҳолатҳои гетерогенӣ, гомогенӣ ва гомергенӣ бо сохтани диаграммаҳои ҳолатии мувофиқ (ҳалшавандагӣ, ғудохташавӣ) ё диаграммаҳои мувозинатҳои фазагӣ (комплексҳои фазагӣ) муқаррар карда шавад. Системаҳое, ки аз як то чоркомпонента ҳастанд, дар фазои сеченака бо шаклҳои геометрӣ, яъне фигураҳои фазои воқеӣ тасвир карда мешаванд [1]. Вале, ҳангоми аз чор зиёд шудани миқдори компонентнокии система, тасвири система дар фазои сеченака бо ёрии фигураҳои геометрӣ имкон надорад.

Маълум аст, ҳангоми аз се зиёд шудани миқдори компонентнокии система, амалан дар вобастагии экспоненсиалӣ шумораи зерсистемаҳои таркиби системаи умумӣ низ меафзояд. Дар ин ҳолат шумораи нуқтаҳои эксперименталӣ барои таҳқиқи сохтори система бо методҳои анъанавӣ (ҳалшавандагӣ, ғудохташавӣ) низ меафзояд. Масалан, муайян карда шудааст, ки миқдори нуқтаҳои эксперименталӣ барои муфассал омӯختани система аз рӯи ҳисобҳо 10 нуқтаро дар як буриши дукарата ташкил медиҳад: барои системаҳои дукомпонента – 10 (дах); барои системаҳои секомпонента – 111 (як садӯ ёздах); барои системаҳои чоркомпонента – 1113 (як ҳазору як садӯ сенздах); барои системаҳои панҷкомпонента – $1,1 \cdot 10^5$ (як миллиону сад ҳазор) ва ғ. Барои таҳқиқи эксперименталии системаи шашкомпонентаи иборат аз 56 (панҷову шаш) системаҳои ду -, се

-, чор -, панҷкомпонента омӯхтани қариб 100000 (сад ҳазор) намуна талаб карда мешавад, ки ин амалан ғайриимкон аст.

Тавре ки дар кори [2] нишон дода шудааст, дар методологияи таҳлили физико-химиявии системаҳои бисёркомпонента (СБ) як қатор самтҳои асосӣ мавҷуданд. Самти асосии таҳқиқи системаҳои химиявӣ ин тасвири онҳо бо ёрии фигураҳои геометрӣ ба шумор мераванд [3]. Аммо, истифодаи ин усул маҳдудият низ дорад, зеро бо ёрии он тасвири ҳолати системаҳои компонентнокиашон баробари 5 ва ё аз он зиёд тасвири шаклҳои геометрии андозаашон гуногун номумкин мегардад.

Дар баробари ин, дар қорҳои [4-12] ба сифати шаклҳои геометрӣ истифодаи бисёркунҷаҳо пешниҳод карда шуда, он имкон медиҳад, ки аз усули барисентрии муайянкунии мавқеи нуқтаи фигуративии система ба усули массентрӣ гузашта, амалан илоҷи дар ҳамворӣ тасвир кардани таркиби системаи бисёркомпонентаро ба вуҷуд ояд.

Таҳқиқи системаҳои химиявӣ бо усули ситораҳои сингулярӣ, ки асосгузори он Н.С. Курнаков буда, он ҷудокунии раванди таҳқиқи системаҳои бисёркомпонентаро ба ду зина, яъне таҳлили назариявии сохтори шаклҳои таркибии муайяншуда ва таҳлили эксперименталии системаро пешгӯӣ (таҳмин) мекунад. Вале, ин усул имкон намедиҳад, ки фазаҳосилшавӣ бевосита сохта шаванд. Он танҳо маҷудияти боҳамтаъсиркунии химиявиро муайн намуда, майдони кристаллизатсияи фазаҳоро пешгӯӣ мекунад. Ин усул танҳо барои системаҳои муовиза хос мебошад. Ба ғайр аз ин, чихеле ки дар кори [13] қайд карда шудааст, таҳқиқи пурраи системаҳои компонентнокиашон аз 5 зиёд бо ин усул нодуруст мебошад. Инчунин, таҳқиқи системаҳои бисёркомпонента аз рӯи фрагментҳояш (худуди майдони фазаҳои алоҳида) низ муайян карда шудааст.

Дар кори [14] методологияи омӯзиши таҷрибавии системаҳои бисёркомпонента таҳия шудааст, ки ба гузаронидани озмоиш аз рӯи марҳилаҳо асос ёфта, ҳангоми ҳалли масъалаҳои мушаххаси илмӣ имкон

медихад, ки бо ҳадди ақали иттилоот маҳдуд карда шавад, таҳқиқи эксперименталӣ (таҷрибавӣ)-и системаро дар натиҷаи тақсим кардани он ба блокҳои ягонаи фазавӣ (БЯФ) содда мегардонад. Охирин қисмҳои таркибии система, маҷмӯи муайяни фазаҳои кристаллизатсияшуда мебошанд.

Тафсилоти сохтори фигураҳои бисёрченака ҳангоми тарҳрезии онҳо дар фазои сеченака вобаста ба самти нурҳо (шуо) бо намудҳои гуногун зоҳир мешаванд. Бо истифода аз ин хосият, дар кори [15] усули проексияҳои оптималӣ таҳия шудааст, ки усули мазкур имкон медиҳад қисмҳои алоҳидаи системаҳои бисёркомпонентаро дар проексияҳои онҳо ба таври визуалӣ нишон дода шаванд.

Дар кори [16] самти ояндадори таҳлили физико-химиявӣ нисбат ба таҳқиқи парагенези минералҳо рушд ёфтааст. Муаллиф компонентҳоро ба компонентҳои инертӣ, ки омилҳои ҳолати онҳо параметрҳои экстенсивӣ (масса ва ё концентратсияи онҳо) мебошанд ва ҳолати комилан фаъол, ки параметрҳои интенсивиро муайян мекунанд, тақсим карда, соҳаи истифодаи таҳлили физико–химиявиро васеъ намудааст. Ин имкон дод, ки таъсурот ба ҳолатҳои мувозинатии системаҳои бисёрфазагӣ - тағйирёбии ҳарорат, фишор ва потенциали химиявии компонентҳои комилан фаъол, ки омилҳои мувозинат ҳастанд, ба назар гирифта шаванд [17].

Муаллифони корҳои [18, 19] барои таҳлили парагенезҳо дар системаҳои бисёркомпонентаи обӣ-намакии навъи “Баҳрӣ” усули ҳисобҳои термодинамикиро таҳия намудаанд, ки ба кам кардани потенциали термодинамикӣ асос ёфтааст. Аммо, бояд иброз дошт, ки дурустии маълумоти бо ин усул бадастовардашуда аз дақиқии бузургҳои термодинамикии ибтидоӣ вобаста аст. Аз ин рӯ, истифодаи ин усул дақиқии маълумоти ибтидоиро талаб намуда, ҳангоми афзоиши компонентнокии системаи таҳқиқшаванда мушкилот пеш меояд ва омӯзиш маҳдуд мегардад.

Шароити ташаккули фазаҳои метастабилӣ ҳангоми кристаллизатсия аз ғудохта дар системаҳои оксидӣ бо усулҳои таҳлили дифференсиалии термикӣ ва рентгенофазавӣ омӯхта шуда, мавҷудияти пайвастаи метастабилӣ онҳо тасдиқ карда шудааст [20]. Ҳангоми зиёдшавии концентратсияи яке аз компонентҳо новобаста аз суръати хунуккунӣ моддаҳои устувор ҳосил мешаванд. Дар фосилаи 0-50 мол.% муаллифони кори [21] синтези моддаҳои мобайниро бо усули дифраксияи рентгенинн хока (таҳлили фазавӣ, муайян ва такмил додани параметрҳои ячейкаи элементарӣ, такмил додани сохтор бо усули Ритвелд) таҳрези намуда, исбот карданд, ки дар ин ҳолат фазаҳое, ки дар система кристалл мешаванд, сохтори навро ба вуҷуд меоранд.

Нисбатҳои фазавӣ дар системаи ҳалқунандашон обӣ-спиртии параволфраммати аммоний-спирти поливинилӣ-об омӯхта шуда, буриши изотермикии диаграммаи фазавӣ дар ҳарорати хона ба даст оварда шудааст. Назоратҳои визуалӣ ва микроскопӣ, инчунин усулҳои дастгоҳӣ барои муайян кардани ҳудудҳои мавҷудияти маҳлулҳои полимерӣ-намакӣ истифода шудаанд. Вобастагии концентратсияи зичии маҳлулҳо, часпакии динамикии онҳо омӯхта шудааст. Минтақаи мавҷудияти маҳлулҳо дар асоси полимер, минтақаи кристаллизатсияи намак, майдонҳои гетерогенӣ, ки дорои ду ё се фаза мебошанд, ҷудо карда шудаанд. Системаи омӯхташуда дорои хосиятҳоест, ки аз ташаккули фазаи мезоморфӣ шаҳодат медиҳанд, ки барои ба вуҷуд омадани он барқароршавии фотохимиявии ионҳои d-металлҳо зарур нест [22]. Норасогии кори мазкур дар он ба назар мерасад, ки дар муқоиса бо системаи гептамолибдати аммоний-спирти поливинилӣ-об, афзоиши ҳалшавандагии компонентҳо таҳти таъсири рӯшноии табиӣ ва нурҳои ултрабунафш мушоҳида нашудааст.

Бо усулҳои таҳлили дифференсиалии термикӣ ва микроскопияи поляризатсионӣ мувозинати фазагӣ дар фосилаи ҳарорати 20-400°C таҳқиқ карда шуда, минтақаҳои ҳароратӣ-концентратсионӣ барои мавҷудияти

кристаллҳои моеъи ионӣ дар системаҳои бинарии анканоатҳои натрий бо дарозии гуногуни занҷири алифатики анион, яъне: ки аз палмитати натрийи занҷири дароз ва анканоати натрийи занҷири кӯтоҳ (бутират, изобутират, 2-метилбутират) ҳосил шудаанд, муайян карда шудаанд. Дар ҳамаи системаҳо ҳосилшавии маҳлулҳои кристалли моеъи сарҳаддӣ модификатсияи смектикӣ муқаррар карда шудааст. Таъсири шакли радикали алкилии аниони алканоати занҷири кӯтоҳ ба термоустувории маҳлули кристалли моеъи бинарӣ дар асоси палмитати натрий омӯхта шудааст [23]. Бо усулҳои таҳлили физико-химиявӣ мувозинати фазагӣ дар системаи оксидии секомпонентаи $\text{Li}_2\text{O}-\text{GeO}_2-\text{TeO}_2$ омӯхта шуда [7], ҳудуди минтақаҳои ташаккули моддаҳо аниқ карда шудааст. Таркиб ва ҳарорати гудозиши омехтаҳо, ки ба нуқтаҳо ва мувозинати чорфазагӣ дар система мувофиқанд, муайян карда шудаанд. Проексияи сатҳи ликвидӯси системаи $\text{Li}_2\text{O}-\text{GeO}_2-\text{TeO}_2$ бо истифодаи секунҷаи таркибҳо сохта шудааст. Дар ин асос хусусиятҳои электрофизикӣ ва спектралӣ шишаҳо омӯхта шудаанд.

Бо истифода аз усули эффузии Кнудсен бо таҳлили масс-спектрометрии фазаи газӣ равандҳои бухоршавӣ дар системаи $\text{Sb}-\text{O}$ омӯхта шудаанд [25]. Нишон дода шудааст, ки оксиди Sb_2O_4 , ки ба таври конгруэнтӣ сублиматсия мешавад ва аз ҳама оксиди термодинамикӣ устувор аст. Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ энталпияҳои ташаккули Sb_2O_3 , Sb_2O_4 , Sb_6O_{13} ҳисоб карда шудаанд ва диаграммаи фазагии p - T - x системаи $\text{Sb}-\text{O}$ сохта шудааст.

Фазаҳосилшавӣ дар системаи $\text{NaOH}-\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 450°C вобаста аз ҳолати агрегатии ZrO_2 (кристаллӣ ё нанокристаллӣ) ва таносуби ҳаҷми ҳалкунандаи NaOH ба ҳаҷми омехтаи диоксидҳои металлӣ ибтидоӣ омӯхта шуд. Дар система бо ZrO_2 -и зудҳалшаванда (нанокристаллӣ) чор силикат: $\text{Na}_8\text{ZrSi}_6\text{O}_{18}$ (Ловозерит), $\text{Na}_4\text{Zr}_2\text{Si}_5\text{O}_{16}\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_3\text{HZrSi}_2\text{O}_8$, $\text{Na}_4\text{Zr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ошкор карда шуданд. Дар система бо ZrO_2 -и душворҳалшаванда (кристаллӣ) кристаллизатсияи моногидрати $\text{Na}_4\text{Zr}_2\text{Si}_5\text{O}_{16}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ошкор карда нашуд. Хусусиятҳои ташаккули силикатҳои

Na-Zr дар доираи модели васлкунии матритсавии сохторҳои кристаллӣ аз воҳидҳои сохтори субполиэдрӣ - кластерҳои навъи сиклӣ баррасӣ шудаанд. Муҳаққон дар раванди омӯзиш сохтори $\text{Na}_4\text{Zr}_2\text{Si}_5\text{O}_{16} \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_8\text{ZrSi}_6\text{O}_{18}$ таносуби гузариши шаш-полиэдри нонварианти аз ду октаэдри ZrO_8 ва чор тетраэдри SiO_4 –ро бо ду ва як атоми Na муайян намудаанд. Дар сохторҳои $\text{Na}_3\text{HZrSi}_2\text{O}_8$, $\text{Na}_4\text{Zr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ пешгузарони чор-полиэдри инварианти аз ду октаэдри ZrO_8 ва ду тетраэдри SiO_4 бо ду атоми Na ошкор карда шудаанд [26].

Бурриши изотермикии ($23 + 2^\circ\text{C}$) диаграммаи ҳолати фазагии системаи нитрати лантан-спирти поливинилӣ-об омӯхта шуд. Мавҷудияти ду минтақаи гомогенӣ муқаррар карда шуда, маҳлулҳои обии полимер ва намак, маҳлулҳо дар асоси полимер ёфта шуд. Ҳамзамон минтақаҳои ду- ва сефазагӣ барои якҷоя вуҷуд доштани маҳлулҳои зикршуда, инчунин ин фазаҳо бо кристаллҳои намак муайян гардид. Ҳалшавандагии полимер дар маҳлулҳои обӣ-намакӣ бо зиёд шудани консентратсияи намак аз ҳисоби комплексҳосилшавӣ суст меафзояд. Дар иштироки полимер каме зиёд шудани ҳалшавандагии нитрати лантан қайд карда шуд [27]. Дар асоси маълумотҳо оид ба элементҳои маҳдудкунанда комплекси фазагии системаи LiBr - NaBr - KBr - RbBr - CsBr сохта шуда, ба симплексҳо тақсим карда шудааст. Маълумот оид ба системаҳои дукомпонентаи LiBr - NaBr, NaBr - RbBr, NaBr - CsBr дақиқ карда шудааст [28].

1.2. Усулҳои классикии таҳқиқи системаҳои обӣ-намакӣ

Усулҳои омӯзиши системаҳои обӣ-намакӣ, махсусан системаҳои секомпонента хеле зиёд вуҷуд доранд. Қисме аз онҳо дар давраи ташаккул, рушд ва паҳншавии таҳлили физико-химиявӣ зиёда аз панҷоҳ сол пеш ба вуҷуд омадаанд. Ин усулҳо, ки аз ҷиҳати принципіалӣ аз ҳам фарқ мекунанд (политермӣ ва изотермӣ, роҳҳои мустақим ва ғайримустақими муайян кардани таркиби фазаи моеъи мувозинат ва ғайра), ба усулҳои классикӣ мансубанд.

Усули визуалӣ-политермӣ. Истифодаи усули визуалӣ-политермӣ барои омӯзиши ҳалшавандагӣ ба таври зерин аст. Дар системаҳои секомпонента бурришҳое, ки аз қуллаи ҳалқунанда оғоз мешавад, омӯхта мешавад. Дар пробирка, ки бо омехтакунаки механикӣ ва термометр пайваст шудааст, ба омехта кардани компонентҳои саҳт, ки дар нисбати муайян гирифта шудаанд, як миқдори муайян об илова карда мешавад. Омехта то пурра ҳал шудани фазаи саҳт гарм карда мешавад, баъд маҳлул бо омехтакунии доимӣ оҳиста сард карда мешавад.

Бо мушоҳида намудани ношаффофшудани (хирра) маҳлул ҳангоми пайдо шудани кристаллҳо оғози кристаллизатсия муайян карда мешавад. Дар ин лаҳза ҳарорати маҳлулро бо термометри дар дохили термостат ғарқнамуда қайд мекунанд. Баъд маҳлулро то ҳалшавии кристаллҳо боз гарм мекунанд ва раванди муайян кардани ҳарорати оғози кристаллизатсия такрор мешавад. Агар арзиши ҳароратҳо дар ду ҳолат ба таври назаррас фарқ кунанд, пас як маротибаи дигар ҳарорат чен карда мешавад.

Сипас, ба омехтаи дар пробирка буда бо ёрии пипетка боз як миқдори муайяни об илова карда мешавад ва баъд ҳарорате, ки дар он маҳлул сер мегардад, бо усули дар боло қайдшуда муайян карда мешавад. Об то он даме илова карда мешавад, ки ҳарорати кристаллизатсия аз ҳарорати изотермаи барои таҳқиқ зарур буда, пасттар набошад. Дар асоси натиҷаҳои таҷриба графикаи вобастагии ҳарорати оғози кристаллизатсия аз массаи об дар омехта сохта мешавад. Бо истифода аз ин график массаи обро дар маҳлулҳое, ки барои сохтани изотермаҳо лозим аст, муайян мекунанд. Натиҷаҳои ба даст омада ба диаграммаи таркиб гузаронида мешаванд. Баъдан, бо ҳамин роҳ бурришҳои дигари система таҳқиқ карда мешавад. Бо таҳқиқи миқдори кофии бурришҳо, изотермаҳои системаҳои секомпонента ва чоркомпонента сохта мешаванд.

Бартариҳои усули визуалӣ-политермӣ дар тезӣ, осонӣ ва имконияти ба даст овардани якчанд изотермаи ҳалшавандагӣ дар як вақт мебошад.

Камбудии ин усул эҳтимоли ба даст овардани мувозанати метастабилӣ мебошад. Ғайр аз ин, ин усул имкон намедихад, ки таркиби кристаллҳои чудошуда ва мавҷудияти табдилҳои полиморфӣ муайян карда шавад. Аз ин рӯ, усули визуалӣ-политермӣ ҳамчун усули пешакӣ барои муайян кардани рафти хатҳо дар қисматҳои изотермӣ тавсия дода мешавад ва маълумоти бадастаомада ба тақмили усулҳои изотермӣ ниёз дорад.

Усули боқимондаҳои Схрейнмакерс. Усули боқимондаҳои Схрейнмакерс ба усулҳои изотермии таҳқиқи ҳалшавандагӣ тааллуқ дошта, графикӣ-таҳлилӣ мебошад. Усули мазкур асосан барои омӯзиши системаҳои секомпонента васеъ истифода гашта, мақсади он аз таркиби маҳлули модарӣ ёфтани ифодаи геометрии нонварианти, таҳлили химиявӣ намудан ва алоқамандсозии онҳо бо таркиб мебошад. Ин нуқтаҳоро ба диаграммаи таркиб мегузоранд. Мувофиқи қоидаи хати пайвасткунанда онҳо дар як буррише воқеъ мешаванд, ки таркиби маҳлули сер ва фазаи саҳти мувозинатиро пайваст мекунад. Аз ин рӯ, бо таҳқиқи таркиби маҳлулҳо ва боқимондаҳо ва гузоштани онҳо ба диаграммаи таркиб, фазаҳои саҳти мувозинати графикӣ муайян карда мешаванд. Ба ин васила, дар системаи секомпонента таркиби кристаллогидратҳо, маҳлулҳои саҳт, пайвастагиҳои химиявиро муайян кардан мумкин аст. Вале, муайянкунии графикаи фазаи поёнии мувозинатӣ дар системаҳои чор ва бисёркомпонента ғайриимкон мегардад.

Усули бурриш. Усули бурриш, ки дар кафедраи химияи ғайриорганики Донишгоҳи Перм аз ҷониби профессор Р.В. Мерзлин таҳия шудааст, ба усулҳои изотермии таҳқиқ алоқаманд буда, усули ғайримустақими муайян кардани таркиби фазаҳои мувозинатӣ бе истифодаи таҳлили химиявӣ мебошад.

Маънои асосии усули буришҳо аз муайян кардани хосияти физикии фазаи моеъи компонентҳои ибтидоии омехтаҳое (КИО), ки дар ҳарорати муайян ба осонӣ чен карда мешавад, иборат аст. Ин омехтаҳо бояд дар тартиби хатҳои муайян - дар баъзе хатҳои буриши шаклҳои таркиби

системаҳои бисёркомпонента дар ҳолати бурриш қарор гиранд. Омехтаҳои баркашидашуда дар ҳарорати доимӣ ва омехтаи доимӣ то ба мувозинат расидан гарм карда мешаванд (дар бораи расидан ба мувозинат аз рӯи қиммати доимии хусусиятҳои физикии моеъи омехтаҳои гетерогенӣ хулоса бароварда мешавад).

Аз рӯи маълумот дар бораи қиммати хосиятҳои физикӣ ва таркиби омехтаҳо дар хати мазкур графике сохта мешавад, ки ин қимматҳоро ба ҳам мепайвандад. Азбаски хат дар се кунҷ ба тарзе сохта шудааст, ки аз якҷанд майдони мувозинатҳои фазагӣ мегузарад, дар график мо системаи хатҳои якдигарро буридаро мегирем, ки шумораи онҳо ба шумораи майдонҳои баробар аст, ки хати интиҳобшуда дар бурриш гузаронида мешавад. Ба ҳар як намуди мувозинат дар график як хатти функционалии муайян мувофиқат мекунад ва нуқтаҳои буриши хатҳо ба таври бурриш таркиби системаеро нишон медиҳанд, ки дар бурриши мазкур дар сарҳади майдонҳои хат бо ҳолати фазаи гуногун қарор дорад.

Бо муайян кардани таркиби чунин нуқтаҳои шикаста аз рӯи график, онҳоро ба хати мувофиқи буриш интиқол медиҳанд ва бо ҷойгир кардани як силсила буришҳои таҳқиқшуда, метавон изотермаи ҳалшавандагии системаи бисёркомпонентаро дар маҷмӯъ сохт. Интиҳоби буришҳо ва самтҳои он масъалаи мураккаб буда, дар қисмати мувофиқ муфассал баррасӣ хоҳад шуд.

Дар охир оиди усули мазкур якҷанд хулоса мебарорем. Ҳамчун хусусиятҳои физикӣ истифода бурдани нишондиҳандаи шикастани нури моеъҳо ба мақсад мувофиқ аст. Шикастҳо дар хатҳои функционали метавонанд дар компютер муайян карда шаванд. Истифодаи усули бурриш барои баркашидани моддаҳо ҳангоми омода кардани омехтаҳои ибтидоӣ меҳнати зиёдро талаб мекунад ва вақте, ки барои ин сарф мешавад аз вақте, ки барои таҳлили химиявии маҳлулҳои сершуда сарф мешавад, камтар нест. Яъне, усули бурриш махсусан вақте самаранок аст, ки гузаронидани таҳлили химиявии маҳлули сершуда душвор бошад.

Ҳамин тариқ, таҳияи методологияи таҳлили физико - химиявӣ, ки барои ҳалли масъалаҳои мураккаб мувофиқ аст, амиқии назарияи таҳлили физико-химиявиро талаб мекунад. То вақтҳои охир қонуниятҳои умумии сохтори диаграммаҳои ҳолат бо ду принципі асосии таҳлили физико-химиявӣ тасвир карда мешуданд: пайдарпайи ва мувофиқа [3]. Дар асоси ҷамъбасти сохтори диаграммаҳои ҳолатӣ принципі сеюми асосии таҳлили физико-химиявӣ, яъне принципі мутобиқати компонентҳо дар системаи химиявӣ мухтасар ифода ёфт [29]. Мувофиқи принципі мутобиқат маҷмӯи компонентҳо новобаста аз адад ва таркиби он дар як системаи физико-химиявӣ ҷойгир мешаванд, балки дар ин баробар сохтори элементҳои диаграммаҳои ҳолатии адади компонентнокиашон n ба самти системаи таркиби компонентнокиаш $n+1$, гузаронида шуда, хосиятҳои системаҳо ба сатҳи гомогенӣ ҳамчун суммаи қисмҳои таркибии алоҳида намудор мешаванд.

Истифодаи амалии принципі мутобиқат барои таҳқиқи системаҳои бисёркомпонента имконият дод, ки методи нави сохтани диаграммаҳои мувозинатҳои фазагӣ (комплексӣ фазагӣ ва фазаҳосилшавӣ) - сохтани диаграммаҳои системаҳои $n+1$ ба вуҷуд овард [30], ки дар он метавонем ҳамаи шаклҳои геометрии имконпазирро, ки барои системаи мазкур хос аст, мавқеи мутақобилаи онҳоро бе мувофиқати остовҳои координатӣ инъикос кунем.

Системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} || SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O , ки мавзӯи омӯзишии кори диссертатсионии доктор (PhD) мебошад, бо усули транслятсия [30] таҳқиқ карда шудааст. Усули транслятсия аз принципі мутобиқат бармеояд ва онро дар назар дорад, ки ҳангоми гузаштан аз системаҳои n ба $n+1$ компонента, элементҳои сохтори системаҳои n компонента андозаи худро ба як адад зиёд мекунанд ва ба шакли трансформатсияшуда ба сатҳи $n+1$ интиқол дода мешаванд ва дар ташаккули шаклҳои геометрии он иштирок мекунанд. Масалан, нуқтаҳои

нонвариантӣ ба хатҳои моновариантӣ, хатҳои моновариантӣ ба майдонҳои дивариантӣ ва ғайра табдил меёбанд. Ташаккули сохтори элементҳои система дар сатҳи $n+1$ компонентагӣ мувофиқи хусусиятҳои топологии онҳо ва қоидаи фазаҳои Гиббс сураат мегирад.

Тадбиқ ва амалан истифодаи усули транслятсия дар пешакӣ таҳқиқ ва омӯзиши мувозинатҳои фазагии системаҳои бисёркомпонентаи обӣ-намакӣ дар сатҳи шашкомпонентагӣ минтақаи кристаллизатсияҳои фазаҳои ҳолиси алоҳида дар қорҳои [31, 33, 34], сатҳи панҷкомпонента дар изотермаҳои гуногун дар қорҳои [32, 35, 38, 39, 43, 47, 50-53] ва дар сатҳи чоркомпонентагӣ диаграммаҳои ҳалшавандагии системаҳои химиявӣ дар қорҳои [36, 37, 40-45, 49] муфасссалтар баррасӣ шудааст.

Истифодаи усули транслятсия ҳангоми таҳқиқи системаи шашкомпонентаи Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} // SO_4^{2-} , Cl^- - H_2O [54-56], ки системаҳои панҷкомпонентаи дар зер оварда шударо ташкил медиҳанд, бо муваффақият апробатсия карда шудаанд. Таҳқиқи дигар системаҳои панҷкомпонента: K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} // SO_4^{2-} , Cl^- - H_2O [57], Na^+ , K^+ // SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , F^- - H_2O [58], Na^+ , K^+ // CO_3^{2-} , HCO_3^- , F^- - H_2O [59-61], Na^+ , K^+ // SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- - H_2O [62-64], Na^+ , K^+ // SO_4^{2-} , HCO_3^- , F^- - H_2O [65-67], Na_2SO_4 - Na_2CO_3 - NaHCO_3 - NaF - H_2O [68, 69], Na^+ , Ca^{2+} // SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , F^- - H_2O [70-72], Na^+ , Ca^{2+} // SO_4^{2-} , HCO_3^- , F^- - H_2O [73], Na^+ , Ca^{2+} // SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- - H_2O [47, 50, 74], Na^+ , Ca^{2+} // CO_3^{2-} , HCO_3^- , F^- - H_2O [75] пурра амалӣ шудааст.

Бояд қайд кард, ки як қатор қорҳои судманд ва алоқаманд ба мушкилоти аз нав қор қарди партовҳои саҳти истеҳсоли алюминий дар заводи Алюминийи шаҳри Турсунзода - и Ҷумҳурии Тоҷикистон иҷро гардидаанд [76, 77-88]. Аксари таҳқиқотҳои иҷрогардида характери технологӣ доранд.

Кори диссертационии доктор (PhD) – е, ки аз тарафи мо таҳияшуд, фарогири асосҳои илмӣ ҳалли проблемаи болозикргардида тавассути таҳқиқи ҳалшавандагӣ ва фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} // SO_4^{2-} , HCO_3^- - H_2O равона карда шудааст.

1.3. Ҳолати омӯзиши системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O

Системаи панҷкомпонентаи таҳқиқшавандаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O чунин зерсистемаҳоро дар бар мегирад: Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O ; Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O ; Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O . Аз системаҳои номбаршуда дутоашон иони умумидошта буда, сетои дигарашон ба гуруҳи системаҳои муовиза дохил мешаванд.

Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O . Маълум аст, ки системаи чоркомпонентаи муовизаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аз чор зерсистемаҳои секомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O , Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O , $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O иборат буда, қисме аз онҳо омӯхта шудаанду халос. Аммо, оиди фазаҳосилшавӣ ва ҳалшавандагии сатҳи чоркомпонентагии он дар изотермаҳои 273 ва 298 К дар сарчашмаҳо маълумот мавҷуд нест [89-92]. Бинобар ин, таҳқиқи фазаҳосилшавӣ ва ҳалшавандагии ин зерсистема мавриди омӯзиши мо қарор гирифт.

Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O . Чун маълум аст, ки субсистемаҳои $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O ва Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ташкил медиҳанд. Донишмандони қонуниятҳои фазаҳосилшавӣ дар онҳо имконияти омӯзиш ва сохтани диаграммаҳои фазаҳосилшавӣ ва ҳалшавандагии системаи **$n+1$** компонентаро медиҳад. Мувофиқи сарчашмаҳои илмӣ [89-92] системаи мазкур умуман омӯхта нашудааст. Системаҳои секомпоненташон бошад қисман омӯхта шуда, диаграммаи ҳалшавандагиашон сохта шудааст [74]. Дар ҷадвали 1 натиҷаҳои ҳалшавандагӣ дар майдонҳои дивариантӣ, хатҳои моновариантӣ ва нуқтаҳои нонвариантии системаи секомпонентаи $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O барои изотермаҳои 273 ва 298 К оварда шудааст.

Ҷадвали 1. – Ҳалшавандагӣ дар шаклҳои геометрии системаи $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

P/Т	Таркиби фазаи моеъ, мас. бо%			Фазаи саҳти мувозинтӣ
	Na ₂ SO ₄	NaHCO ₃	H ₂ O	
Изотерма 273 К				
1.	0	6.45	93.55	Nh
2.	2.57	5.82	91.61	Mb + Nh
3.	4.65	0	95.35	Mb
Изотерма 298 К				
1.	0	9,39	90.61	Nh
2.	20.59	4.15	75.26	Mb + Nh
3.	21.90	0	78.10	Mb

Субсистемаҳои таркиби системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ҳама табиати эвтоникӣ доранд ва ҳосилшавии пайвастагҳои нав дар онҳо имконнопазир мебошанд. Илова бар ин, то ҳол оиди мавҷудияти намаки гидрокарбонати алюминий низ маълумоти адабиётӣ мавҷуд нест. Бинобар ин дар бораи ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи номбурда дар ҳароратҳои 273 ва 298 К умуман маълумот нест.

Системаи чоркомпонентаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Дар адабиёт [89-92] оиди ҳалшавандагӣ ва комплекси фазагии системаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳароратҳои 273 ва 298 К маълумот мавҷуд нест. Танҳо аз системаҳои секомпонента ҳалшавандагии $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ омӯхта шуда, диаграммаи ҳолатии он сохта шудааст [74], ки натиҷаҳои ҳалшавандагӣ дар ҷадвали 2 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 2.– Ҳалшавандагӣ дар шаклҳои геометрии системаи $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

P/T	Таркиби фазаи моеъ, мас. бо%			Фазаи саҳти мувозинтӣ
	CaSO_4	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	H_2O	
1	2	3	4	5
Изотерма 273 К				
1.	0	0.144	99.856	CaG
2.	0.0217	0.083	99.985	Gp + CaG
3.	0.176	0	99.824	Gp

Изотерма 298 К				
4.	0	0.0160	99.984	CaG
5.	0.175	0.0038	99.797	Gp + CaG
6.	0.213	0	99.787	Gp

Тавре ки аз чадвали 2 бармеояд, байни қисмҳои таркибии системаҳои секомпонента боҳамтаъсиркунии фазавӣ мавҷуд набуда, дар ҳароратҳои додашуда ҳосилшавии фазаи нав вучуд надорад. Дар ин асос гуфтан мумкин аст, ки системаҳои секомпонентаи таркиби системаи чоркомпонентаи Al^{3+} , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^-$, SO_4^{2-} - H_2O - ро ташкил медиҳанд, дар сатҳи секомпонентӣ барои 273 К табиаташон эвтоникӣ буда, бо афзоиши гармӣ қисме аз $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ таҷзия шуда, ба карбонат мешавад ва ҳалшавандагӣ низ коҳиш меёбад. Аз $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ акси гуфтаи боло.

Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O . Мувофиқи маълумоти адабиёти мавҷуда [89-92], ин системаи чоркомпонента низ таҳқиқ нашудааст. Аммо, маълумот дар бораи ҳалшавандагӣ дар сатҳи секомпонентагии зерсистемаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O , ки таркиби системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аст, дар 273 К аз [74] гирифта шудааст ва дар чадвали 3 нишон дода шудааст.

Чадвали 3. – Ҳалшавандагӣ дар шаклҳои геометрии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O

Р/Т	Таркиби фазаи моеъ, мас. бо%			Фазаи саҳти мувозинтӣ
	Na ₂ SO ₄	CaSO ₄	H ₂ O	
Изотермаи 273 К				
1.	0	0.176	99.995	Gp
2.	4.93	0.220	94.85	Gp + Mb
3.	4.76	0	95.24	Mb
Изотермаи 298 К				
4.	0	0.219	99.781	Gp
5.	20.18	0.201	78.619	Gp + Mb
6.	20.83	0	79.17	Mb

Бояд қайд кард, ки тибқи сарчашмаҳо маълумот оиди омӯзиши фазаҳосилшавӣ ва ҳалшавандагии системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O мавҷуд нест ва дар ин асос гуфтан мумкин аст, ки

диаграммаи сарбастаи ин система дар сатҳи чоркомпонентагӣ низ сохта нашудааст.

Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ аз се зерсистемаҳои сатҳи секомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$, Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ иборат буда, тибқи адабиёт [89-92] танҳо яке аз ин зерсистемаҳои секомпонента, системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар изотермаҳои 273 ва 298 К омӯхта шудаасту халос (ҷадвали 4) [74]. Худи системаи иони умумидоштаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ умуман омӯхта нашудааст.

Ҷадвали 4. – Ҳалшавандагӣ дар шаклҳои геометрии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

Р/Т	Таркиби фазаи моеъ, мас. бо%			Фазаи саҳти мувозинтӣ
	NaHCO ₃	Ca(HCO ₃) ₂	H ₂ O	
Изотерма 273 К				
1.	0	0.1440	99.8560	Nh
2.	4.890	0.1090	95.0010	Nh + CaG
3.	6.4900	0	93.5100	CaG
Изотерма 298 К				
4.	0	0,0160	99.9840	Nh
5.	5.4300	0.0181	94.5519	Nh + CaG
6.	9.3900	0	90.6100	CaG

Тавре ки аз ҷадвали овардашуда бармеояд, системаи секомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ба зумраи системаҳои эвтоникӣ тааллуқ дошта, дар он аз таъсири байни фазаҳо ҳосилшавии ягон фазаи нав ба чашм нарасидааст. Бояд ибраз дошт, ки системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 273 ва 298 К умуман омӯхта нашуда, инчунин диаграммаи сарбастаи фазаӣ ва ҳалшавандагиаш сохта нашудааст.

Хулосаи шарҳи адабиёт. Системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ аз 5 системаи чоркомпонента: дуто иони умумидошта ва се системаи муовиза таркиб ёфта, миқдори системаҳои секомпоненташон ба 9 адад мерасад, ки баъзеашон дар сатҳи чоркомпонентагӣ такрор мегарданд. Маълумот дар бораи ҳолати омӯзиши системаи панҷкомпонентаи Na^+ ,

Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ва системаҳои чор- ва секомпонентии онро ташкилдиҳанда дар ҳароратҳои 273 ва 298 К дар ҷадвали 5 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 5. – Ҳолати омӯзиши системаи панҷкомпонентии Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O бо зерсистемаҳои чор- ва секомпонента

№	Система	Компонентнокӣ	Изотерма, К	
			273	298
1.	Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	5	-	-
2.	Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	4	-	-
3.	Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	4	-	-
4.	Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	4	-	-
5.	Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O	4	-	-
6.	Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O	4	-	-
7.	$\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	3	+	+
8.	Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O	3	+	+
9.	$\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	3	+	+
10.	Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O	3	+	+
11.	Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O	3	-	-
12.	$\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	3	-	-
13.	Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O	3	-	-
14.	Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O	3	-	-
15.	Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O	3	-	-

Тавре ки аз ҷадвали 5 бар меояд, системаи панҷкомпонентии Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ва системаҳои чоркомпонентии: Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O ва Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O умуман омӯхта нашуда, диаграммаи фазаӣ ва ҳолатиашон сохта нашудааст.

Аз 9 системаҳои секомпонентии таркибӣ, чунин системаҳо: $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O ; $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ва Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O дар ҳароратҳои 273 ва 298 К хуб омӯхта шудаанду ҳалос. Боқимонда 5 системаи секомпонентии дигар: Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O ; $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O ; Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O ва Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O умуман таҳқиқ нашуда, мавриди омӯзиш ва таҳқиқи мо қарор доранд.

БОБИ II. ИЗОТЕРМАИ ФАЗАҲОСИЛШАВӢ ДАР ШАКЛҲОИ ГЕОМЕТРИИ СИСТЕМАИ ОБӢ-НАМАКИИ ПАНЧКОМПОНЕНТАИ Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ВА ЗЕРСИСТЕМАҲОИ ЧОРКОМПОНЕНТАИ ТАРКИБИ ОНРО ТАШКИЛДИҲАНДА БО УСУЛИ ТРАНСЛЯТСИЯ ДАР 273К

Қисмҳои таркибии системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ҳафт ададро ташкил дода, ба онҳо таалуқ доранд: Na_2SO_4 , NaHCO_3 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ва H_2O . Аммо, аз рӯи қонунияти умумӣ [1], системаи таҳқиқшавандаи мазкур аз панҷ компонент иборат мебошад. Чунки тарзи муайянкунии компонентнокии системаҳои химиявии муовиза аз дигар системаҳо тафовуд дошта, онҳо аз рӯи адади ионҳое, ки дар натиҷаи диссолятсияи намакҳо ҳосил шуда метавонанд, муайян карда мешаванд.

Дар маҳлули обии системаи таҳқиқшаванда катионҳои Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} ва анионҳои SO_4^{2-} , HCO_3^- яъне, 5 ионҳо мавҷуданд, бинобар ин система панҷкомпонента ба шумор меравад.

Системаи панҷкомпонентаи таҳқиқшавандаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аз 5 зерсистемаҳои чоркомпонентаи зерин иборат аст: Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O ; Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O ; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ва Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O . Дутои системаи чоркомпонентаи аввал муовиза набуда, барои онҳо реаксияи мубодилаи ионӣ хос нест. Чунки дар онҳо аниони умумӣ мавҷуд буда, дар реаксия ҷойивазкунии аниони фарқкунандаи қисми таркибӣ мавҷуд нест. Бинобар ин, адади қисмҳои таркибиашон ба адади компонентнокии система баробар аст. Вале, се системаи дигар муовиза мебошад ва барои онҳо реаксияи мубодилаи ионӣ дар маҳлул хос аст. Дар ин намуди системаҳои химиявӣ барои муайян намудани компонентнокӣ аз миқдори умумии қисмҳои таркибии система миқдори умумии реаксияҳои мавҷудбудаи муовиза (мубодила) тарҳ карда мешавад.

Мисол:

- барои системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$:



- барои системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$:



- барои системаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$:



Дар асоси реаксияҳои 1 ва 2, гарчанде система аз 5 қисмҳои таркибӣ иборат бошад ҳам, (4 намак ва об), лекин компонентнокиашон 4 аст. Тавре ки адади қисмҳои таркибӣ (5) аст, тарҳи адади реаксияи имконпазири мустақими муовиза (1), баробари 4 мешавад. Ё ба таври дигар аз рӯи адади ионҳо низ системаро чоркомпонента номидан мумкин мебошад.

Яъне:

Компонентнокӣ = Қисмҳои таркибӣ – Реаксияи муовиза.

Барои таҳқиқ ва пешгӯии фазаҳосилшавии системаи панҷкомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ бо усули транслятсия, донишҷӯи қонуниятҳои комплекси фазагии субсистемаҳои се-чоркомпонентаи таркиби он зарур мебошад. Барои расидан ба мақсад, мо маълумотҳои мавҷударо аз сарчашмаҳои илмӣ оиди фазаҳосилшавии системаҳои компонентнокиашон баробари 4 [89, 90] ва 3-ро [91, 92], ки бо усули ҳалшавандагӣ, термодинамикӣ ва ҳисобҳои графоаналитикӣ ва ё бо дигар роҳҳо ба даст омадаанд, ҷамъоварӣ намудем. Зимни набудани маълумотҳои ҳалшавандагӣ дар сатҳи чоркомпонентагӣ мо метавонем дар асоси комплекси фазагии зерсистемаҳои секомпонентаи таркиби системаҳои чоркомпонента бо истифодаи усули транслятсия [54-56] фазаҳосилшавиро дар онҳо пешгӯӣ намоем.

Таҳлили адабиёти мавҷуда оиди системаҳои таҳқиқшаванда нишон медиҳад, ки онҳо дар ҳароратҳои гуногун омӯхта шудаанд (нигаред ба боби I). Омӯзиши фазаҳосилшавии системаҳои чоркомпонентаи болозикр аз тарафи мо бо ёрии усули транслятсия дар ҳароратҳои 273 ва 298 К ба

нақша гирифта. Интихоби чунин ҳароратҳо бо шароити табиати ватанӣ, хусусан муҳити мавзеи корхонаи истеҳсоли алюминий воқеъ дар ш.Турсунзода ҳарорати мӯътадили зимистон ва тобистон, бухоршавии партовгоҳи партовҳои моеъи саноати истеҳсоли алюминий алоқамандӣ дорад.

2.1. Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

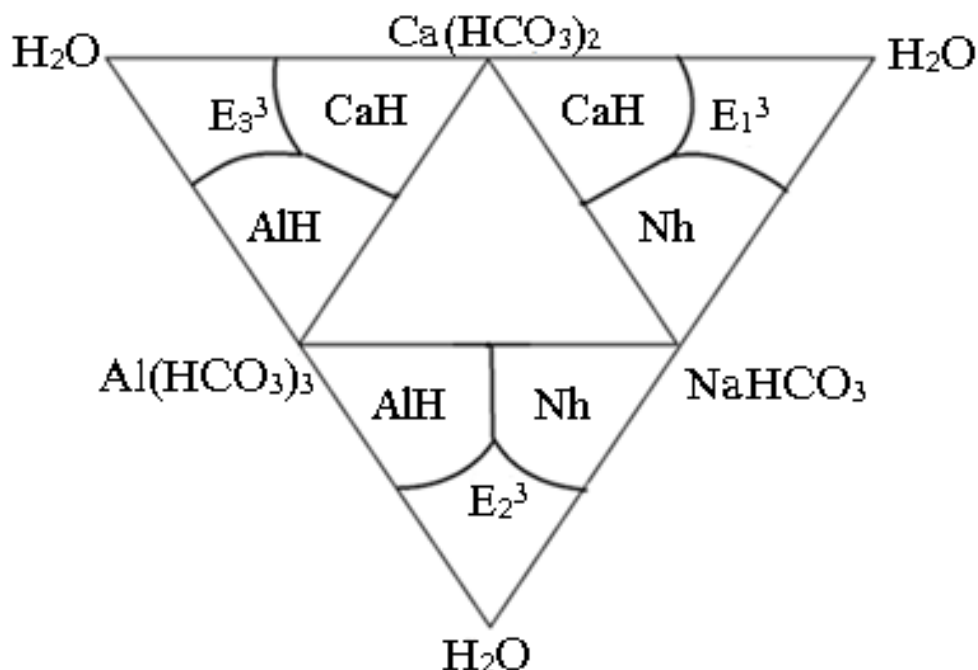
Системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ чунин системаҳои секомпонентаро дар бар мегирад: Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Ҳалшавандагии яке аз зерсистемаҳои таркиби системаи чоркомпонента Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ омӯхта шудаасту ҳалос [74]. Комплексиҳои фазагӣ дар ин системаи чоркомпонента бо усули ҳалшавандагӣ омӯхта нашудааст [89-90] ва барои он нуқтаҳои нонвариантии зерин (ҷадв. 6) ҳамчун системаҳои оддии шакли эвтоникӣ имкон доранд.

Ҷадвали 6. – Нуқтаҳои системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
барои ҳарорати 273 К дар сатҳи секомпонентагӣ

Система	Нуқтаҳои нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_1^3	$\text{Nh} + \text{CaH}$
Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_2^3	$\text{Nh} + \text{AlH}$
Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_3^3	$\text{CaH} + \text{AlH}$

Аз рӯи маълумотҳои мувозинатҳои фазагии ҷадвали 1 диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К дар сатҳи секомпонентагӣ дар шакли призмаи секунҷа сохта шуда, дар расми 1 оварда шудааст. Дар диаграмма ифода гардидааст, ки қуллаҳои асосии онро об ташкил дода, дар сатҳи дукомпонентагӣ ҳалшавандагии намакҳои алоҳидаро дар об ва ҳалшавандагии ду намакро дар об ифода мекунад ва фазаҳосилшавии онҳоро нишон медиҳад. Бинобар сабаби дар

байни қисми таркибии сатҳи секомпонента таъсири мутақобила вучуд надоштан, онҳо ба таври эвтоникӣ қабул карда шудаанд.



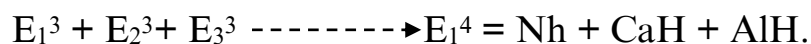
Расми 1. – Диаграммаи “Кушода”-и сатҳи секомпонентагии фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O дар ҳарорати 273 К

Барои сохтани диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O дар ҳарорати 273 К бо ёрии усули транслятсия дар сатҳи секомпонентагӣ маълумотҳои мувозинатҳои фазагии сатҳи секомпонентагии онро истифода намудем.

Тибқи талаботҳои усули транслятсия хатҳои моновариантие, ки маҳсули транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ мебошанд, дар сатҳи компонентнокии навбатӣ дучори ҳам омада, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил кардаанд. Амалишавии ин раванд мувофиқ ба талаботҳои асосҳои таҳлили физико-химиявӣ дар расми 2 нишон дода шудааст.

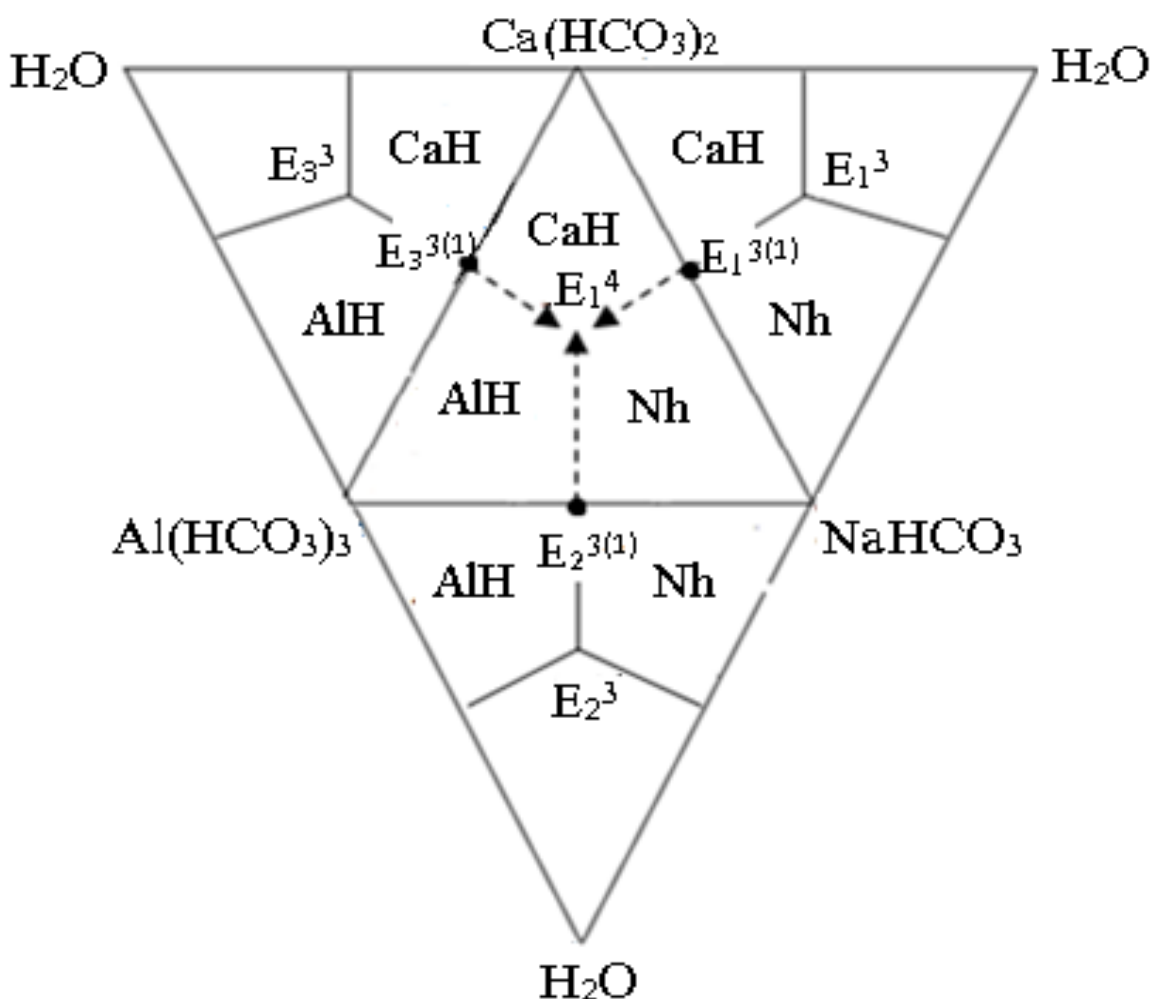
Интиқолёбии нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ бо хатҳои пунктирӣ ишора гардидааст. Хатҳои пунктирии мазкур дар сатҳи компонентнокии навбатӣ хатҳои моновариантиро, ки зимни интиқолаи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи

секомпонентагӣ ҳосилшуда, дар фазои чоркомпонентаги мувофиқи қоидаҳои топологӣ ва риояи қоидаи фазаҳо бо ҳам бархӯрда, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентаи мувофиқро ба вуҷуд меоранд. Онро ба таври риёзӣ чунин шарҳ додан мумкин аст:



Нуқтаи нонвариантии ҳосилшудаи сатҳи чоркомпонентагӣ дар натиҷаи транслятсияи “сетарафа” муайян шудааст.

Барои системаи болозикр инчунин мавҷудияти се хатҳои моновариантӣ хос буда, таркиби фазаҳои таҳшинӣ бо таркиби фазавии нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ мувофиқат мекунанд.



Расми 2. – Диаграммаи фазаҳосилшавии системаи $Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+} \parallel HCO_3^- - H_2O$ барои ҳарорати 273 К дар сатҳи се-чоркомпонентагӣ

Дар диаграммаи фазаҳосилшавии сатҳи се-чоркомпонентаи сохташуда се майдони дивариантӣ мавҷуд буда, контури майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои алоҳида (майдонҳои дивариантӣ), ки шакли зерин доранд, дарҷ ёфтаанд (ҷадв. 7).

Ҷадвали 7. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контури майдонҳои дивариантӣи системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

№ р/т	Фазаҳои саҳти мувозинатии майдонҳо	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас. 2)
1.	CaH	$\begin{array}{ccc} \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 & \text{—} & \text{E}_1^3 \\ & & \vdots \\ \text{E}_3^3 & \text{—} & \text{E}_1^4 \end{array}$
2.	Nh	$\begin{array}{ccc} \text{E}_1^3 & \text{—} & \text{NaHCO}_3 \\ \vdots & & \\ \text{E}_1^4 & \text{---} & \text{E}_2^3 \end{array}$
3.	AlH	$\begin{array}{ccc} \text{E}_3^3 & \text{---} & \text{E}_1^4 \\ & & \vdots \\ \text{Al}(\text{HCO}_3)_3 & \text{—} & \text{E}_2^3 \end{array}$

Сохтори диаграммаи комплексҳои фазагии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К аз ҷониби мо дар кори [93,94] баррасӣ шуда, аз апробатсия гузаштааст.

2.2. Системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$

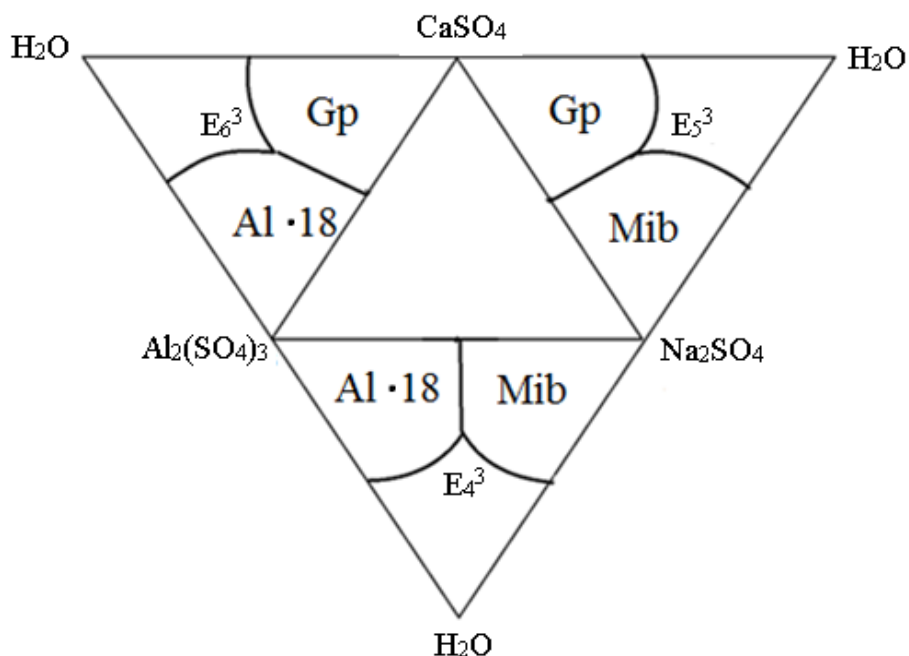
Системаи чоркомпонентаи болозикр аз чунин зерсистемаҳои сатҳи секомпонента иборат аст: $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$. Мувофиқи сарчашмаҳои илмӣ [89-90] системаҳои секомпонента дар ҳарорати 273 К умуман омӯхта нашудаанд. Тибқи талаботҳои усули тарнслятсия системаҳои номбурда эвтоникӣ буда, барои

онҳо нуқтаҳои нонварианти мувофиқ бо фазаҳои саҳти мувозинати хос дар ҷадв. 8 оварда шудааст.

Ҷадвали 8. – Нуқтаҳои нонварианти системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К дар сатҳи секомпонентагӣ

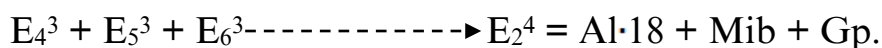
Система	Нуқтаҳои нонварианти	Таркиби фазаҳои саҳт
Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_4^3	$\text{Al} \cdot 18 + \text{Mib}$
Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_5^3	$\text{Mib} + \text{Gp}$
Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_6^3	$\text{Al} \cdot 18 + \text{Gp}$

Мувофиқи маълумотҳои ҷадвали 8 диаграммаи фазаҳосилшавии системаи иони умумии сулфатдори Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ барои изотермаи 273 К дар сатҳи секомпонентагӣ ба намуди призмаи секунҷаи кушода сохтем ва онро дар расми 3 овардем. Дар он ҳамаи майдонҳои дивариантии имконпазир ва хатҳои моновариантии ба системаҳои секомпонента мувофиқ инъикоси худро ёфтаанд.

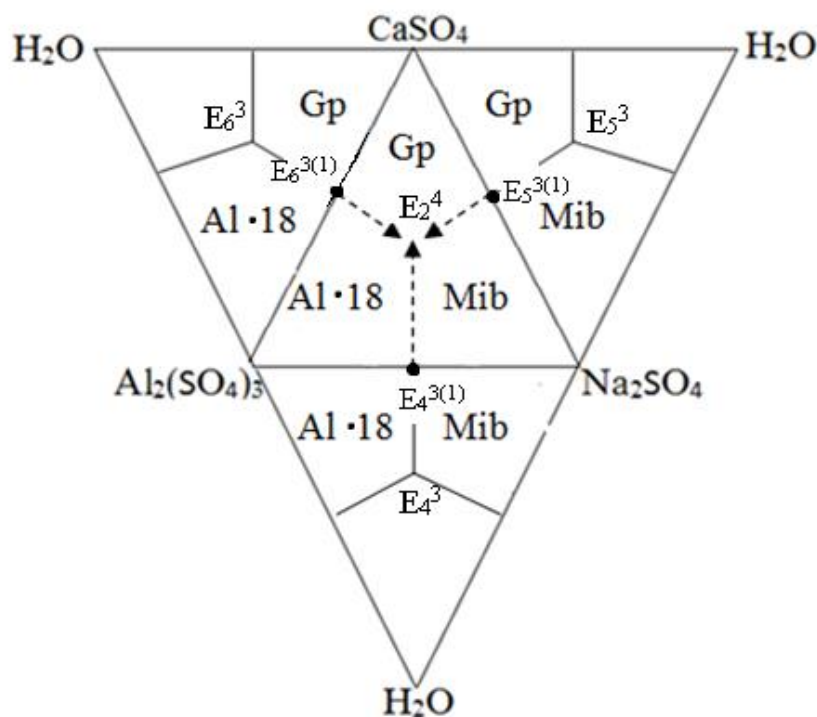


Расми 3. – Диаграммаи «Кушода»-и фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар сатҳи секомпонентагӣ

Ҳангоми зам намудани компоненти чорум ба яке аз дилхоҳ системаҳои секомпонентаи таркиб, шаклҳои геометрии системаҳои секомпонента бо зиёдкунии андозаи ченак ба сатҳи компонентагии навбатӣ транслятсия шуда, дар шакли трансформатсияшуда дучори ҳамдигар мегарданд. Аз ҷумла нуқтаҳои нонварианти ба хатҳои моноварианти трансформатсия (табдил меёбанд) ва хатҳои моноварианти бо ҳам во хӯрда (мувофиқи қоидаи фазаҳои Гиббс) нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил мекунанд. Ба таври риёзӣ онро ҳамчун якҷояшавии нуқтаҳои нонвариантии мувофиқ шарҳ додан мумкин аст. Таҳлили таркиби фазавии нуқтаҳои нонвариантии сатҳи сечандаи болозикр имконияти якҷояшавии онҳоро ба таври зерин нишон медиҳанд:



Диаграммаи сарбастаи комплекси фазагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-} - H_2O$ дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои ҳарорати 273 К, ки бо усули транслятсия аввалин шуда аз ҷониби мо [95] сохта шудааст, дар расми 4 оварда шуда, инчунин дар [96] низ муҳокима шудааст.



Расми 4. – Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентагии комплекси фазагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-} - H_2O$ дар ҳарорати 273 К

Чи тавре ки аз расм ба мушоҳида мерасад, дар он ба сифати шакли геометрӣ секунҷаи баробарпахлӯ истифода шудааст, ки паҳлӯҳои он остовҳои координатии қисми намакии системаи секомпонента ба шумор мераванд. Бинобар ин, дар паҳлӯҳои ин секунҷа ҳолати нуқтаҳои нонвариантии системаи секомпонентаи мувофиқ акс ёфтаанд. Транслятсияи онҳо ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба шакли хатҳои моновариантӣ бо хатҳои пунктирӣ нишон дода шудаанд. Ин хатҳои моновариантӣ, мувофиқи усули транслятсия ва риоя ба қоидаи фазаҳо, бо ҳам во хӯрда, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил мекунанд. Нуқтаи нонвариантии сатҳи чор, ки бо усули транслятсия муайян гашт (E_2^4), дар натиҷаи тарнслятсияи “сетарафа” ҳосил шудааст [54-56]. Барои системаи таҳқиқшаванда ба ғайр аз ин нуқтаи нонвариантӣ, инчунин се майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои саҳти индивидуалӣ ($Al\cdot 18$, Mib, Gr) ва се хатҳои моновариантӣ, ки маҳсули транслятсияи нуқтаҳои n-сатҳ ба n+1-сатҳи компонентагӣ ҳосил шудаанд, хос мебошад. Таркиби фазаи таҳшиниҳо дар он бо таркиби фазаи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ мутобиқ мебошанд.

Усули транслятсия ба мо имкон медиҳад, ки диаграммаи сохташударо аз рӯи майдонҳои фазаҳои алоҳида фрагментатсия намоем. Дар ҷадвали 9 номгӯи контурҳои майдонҳои дивариантии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-} - H_2O$ дар ҳарорати 273 К оварда шудааст.

Ҷадвали 9. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контурҳои майдонҳои дивариантии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-} - H_2O$ дар ҳарорати 273 К

№	Фазаҳои саҳти мувозинатии майдонҳо	Контური майдонҳо дар диаграмма (рас. 4)
1	2	3
1.	Gr	

		Давоми ҷадвали 9
1	2	3
2.	Mib	$ \begin{array}{ccc} E_5^3 & \text{---} & Na_2SO_4 \\ \vdots & & \vdots \\ E_2^4 & \text{---} & E_4^3 \end{array} $
3.	Al·18	$ \begin{array}{ccc} E_6^3 & \text{---} & E_2^4 \\ \vdots & & \vdots \\ Al_2(SO_4)_3 & \text{---} & E_4^3 \end{array} $

2.3. Системаи чоркомпонентаи Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O

Новобаста аз он, ки қисми таркибии системаи Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O панҷ моддаҳо (пайваста) ташкил диҳанд ҳам, вале системаи мазкур аз зумраи системаҳои чоркомпонента мебошад. Чунки байни қисмҳои таркибии маҳлули обии онҳо реаксияи муовиза ҷой дорад. Яъне системаи Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аз намакҳои $CaSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $Ca(HCO_3)_2$, $Al(HCO_3)_3$ ва H_2O иборат буда, байни намакҳо реаксияи муовизаи:



мавҷуд мебошад. Бинобар ин тибқи қоида дар системаҳои муовиза аз қисми таркибӣ реаксияи муовизаро тарҳ намуда компонентнокиро муайян мекунем.

Системаи чоркомпонентаи муовизаи Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O мазкур аз чунин системаҳои секомпонента иборат аст: Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel HCO_3^-$ - H_2O ; $Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ; Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$ - H_2O ва $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O . Сарчашмаҳои илмӣ [91,92] ифода мекунанд, ки системаи чоркомпонентаи Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O омӯхта нашудааст. Аз зерсистемаҳои онро ташкилкунанда танҳо хосияти ҳалшавандагӣ дар сатҳи дукомпонентагии системаҳои мазкур мавҷуд мебошад халос. Яъне, ҳалшавандагии намакҳои алоҳида дар об. Системаҳои алоҳидаи ду намак ва оби системаи Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ҳамчун системаҳои оддии

эвтоникии дорои яктогӣ нуқтаҳои нонварианти қабул гардида, маълумотҳои мувозинатҳои фазагии онҳо дар чадвали 10 нишон дода шудааст.

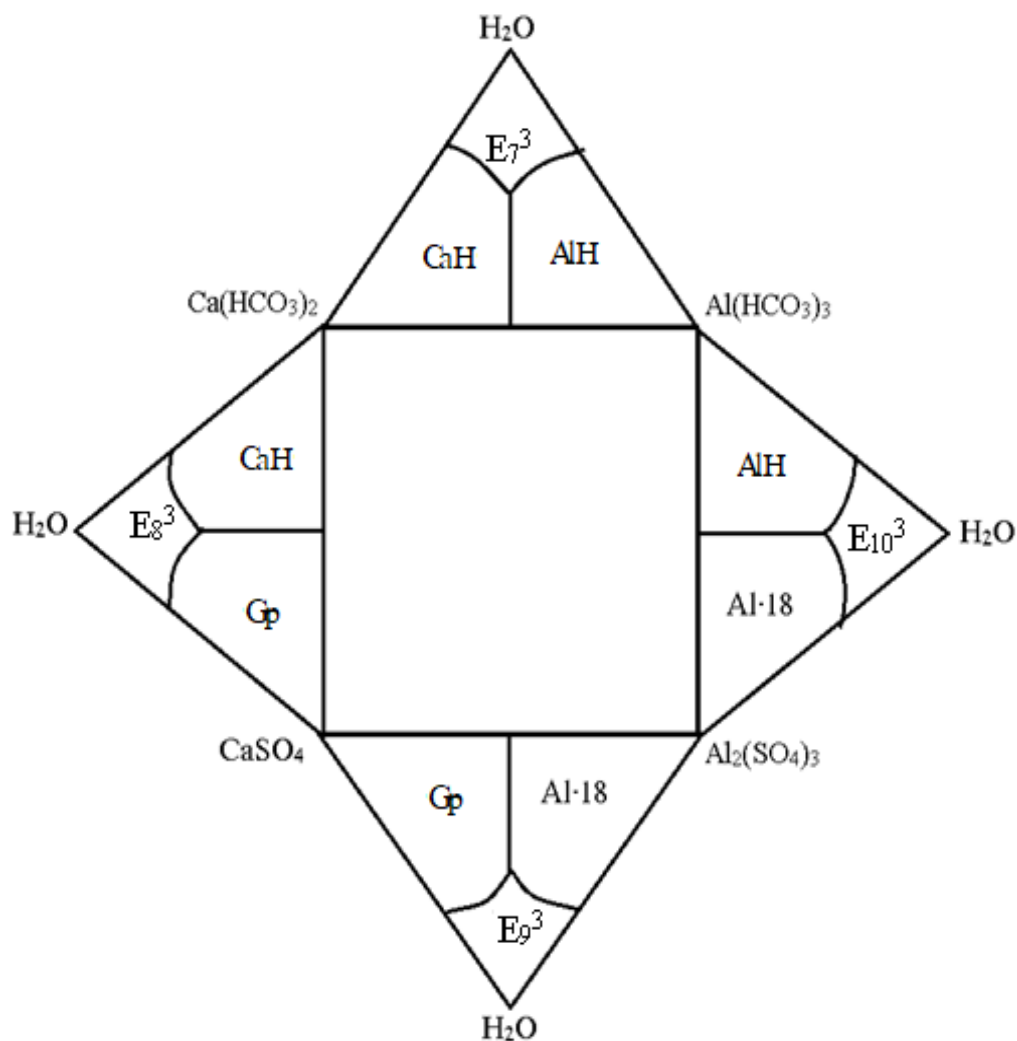
Чадвали 10. – Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагии системаи

$\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

Система	Нуқтаи нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
$\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_7^3	$\text{CaH} + \text{AlH}$
$\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_8^3	$\text{Gr} + \text{CaH}$
$\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_9^3	$\text{Al} \cdot 18 + \text{Gr}$
$\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{10}^3	$\text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$

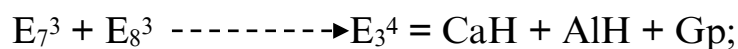
Дар расми 5 диаграммаи фазаҳосилшавии системаи чоркомпонентаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар сатҳи секомпонентагӣ дар ҳарорати 273 К бо шакли пирамидаи чоррӯяи кушода оварда шудааст. Чи тавре ки аён аст, дар ин сатҳи компонентнокӣ барои он мавҷудияти чор нуқтаҳои нонварианти хос мебошад.

Азбаски байни компонентҳои системаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ боҳамтаъсиркунӣ бо ҳосилшавии моддаҳои нав ҷой надорад, бинобар ин фазаҳои он 7 – то мебошад: кристаллҳои CaSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$, маҳлул, ях ва буғ. Система дар ин ҳолат таҳти фишори буғи сер буда, ин фишор ҳам аз ҳарорат ва ҳам аз консентратсияи маҳлул вобастагӣ дорад. Дар диаграммаҳои фазагӣ чунин ҳолати система ҳамчун нуқта тасвир ёфта, он нуқтаи инверсия ё нуқтаи табдилотӣ номида мешавад. Дар нуқтаи инверсия хати мувозинати буғ, хати мувозинати маҳлул, хати мувозинати намак ва буғ вуҷуд дорад. Агар фазаи буғӣ набошад ва фишору ҳарорат доимӣ бошад, мувозинатҳои элементҳои геометрӣ дар асоси диаграммаи пирамидаи кушодаи системаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ пурра шарҳи худро меёбанд, ки он дар расми 5 оварда шудааст.



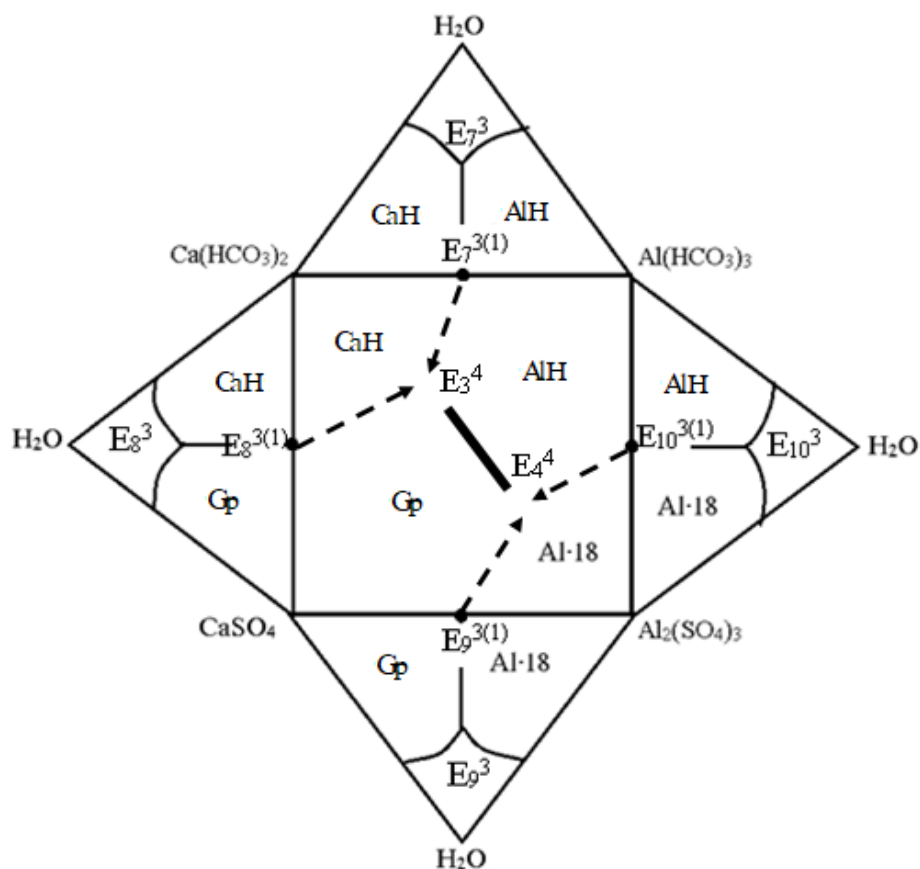
Расми 5. – Диаграммаи «Пирамидаи кушода»-и сатҳи секомпонентаи системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 273 К

Зимни транслятсияи нуқтаҳои нонварианти ба сатҳи чоркомпонентагӣ онҳо ба хатҳои моноварианти табдил ёфта, дар фазои сатҳи компонентнокии навбатӣ бо ҳам бархӯрии онҳо нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чор бо фазаҳои саҳти мувозинатиашон ҳосил мешаванд:



Ҳамин тавр, бо ёрии усули транслятсия ҳардуи нуқтаҳои нонварианти (E_3^4 , E_4^4) дар натиҷаи транслятсияи “дутарафа” [54-56] ҳосил шуданд.

Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентаи комплекси фазагии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , ки бо ёрии усули универсиалии транслятсия дар ҳарорати 273 К сохта шудааст, дар расми 6 оварда шудааст.



Расми 6. – Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентаи фазаҳосилшавии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 273 К

Диаграмма дар асоси пиримадаи чорруя, ки барои ифодаи диаграммаи системаи зерин дар сатҳи секомпонентагӣ (расми 5) истифода бурда шуд, акс ёфтааст. Дар он ба ғайр аз нуктаҳои нонвариантии болозикр, инчунин мавҷудияти 4 майдонҳои диваврианти бо фазаҳои саҳти мувозинатии индивидуалишон (CaH, AlH, Gr, Al-18) ва 5 хатҳои моноварианти низ инъикос ёфтаанд. Хатҳои моноварианти ду намуди пайдоиш доранд. Чортои онҳо маҳсули транслятсияи нуктаҳои нонвариантии зерсатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ буда, бо хатҳои пунктирӣ ифода ёфтаанд. Таркиби фазаҳои таҳшинии ин хатҳои моноварианти бо таркиби фазаҳои таҳшинии нуктаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагии транслятсияшуда мувофиқат мекунанд. Якто хати

моновариантӣ, ки дар байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ гузаштааст, хати ғафси яклухт буда, таркиби фазаи саҳти зеринро дорад:



Сохтори системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К инчунин аз ҷониби мо омӯхта шуда, дар корҳои [93, 97] нашр ва муҳокима шудаанд.

Контуре майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти индивидуалии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К (диаграммаи рас. 6) дар ҷадвали 11 оварда шудааст.

Ҷадвали 11. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контуре майдонҳои дивариантии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

№ р/т	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контуре майдонҳо дар диаграмма (рас. 6.)
1.	AlH	$\begin{array}{ccc} \text{Al}(\text{HCO}_3)_3 & \text{—} E_{10}^3 & \text{---} E_4^4 \\ & & \\ E_7^3 & \text{-----} & E_3^4 \end{array}$
2.	Gr	$\begin{array}{ccc} E_8^3 & \text{-----} & E_3^4 \text{ — } E_4^4 \\ & & \uparrow \\ \text{CaSO}_4 & \text{—————} & E_9^3 \end{array}$
3.	CaH	$\begin{array}{ccc} E_7^3 & \text{—————} & \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \\ \downarrow & & \\ E_3^4 & \text{←-----} & E_8^3 \end{array}$
4.	Al·18	$\begin{array}{ccc} E_4^4 & \text{←-----} & E_{10}^3 \\ \uparrow & & \\ E_9^3 & \text{—————} & \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \end{array}$

Усули транслятсия имкон медиҳад, ки қаблан сохтори диаграммаи фазаҳосилшавии индивидуалӣ дар системаи физико-химиявии Al^{3+} , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3$, $\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ пешгӯӣ гардад ва имконияти таҳқиқи минбаъдааш ба даст ояд.

2.4. Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

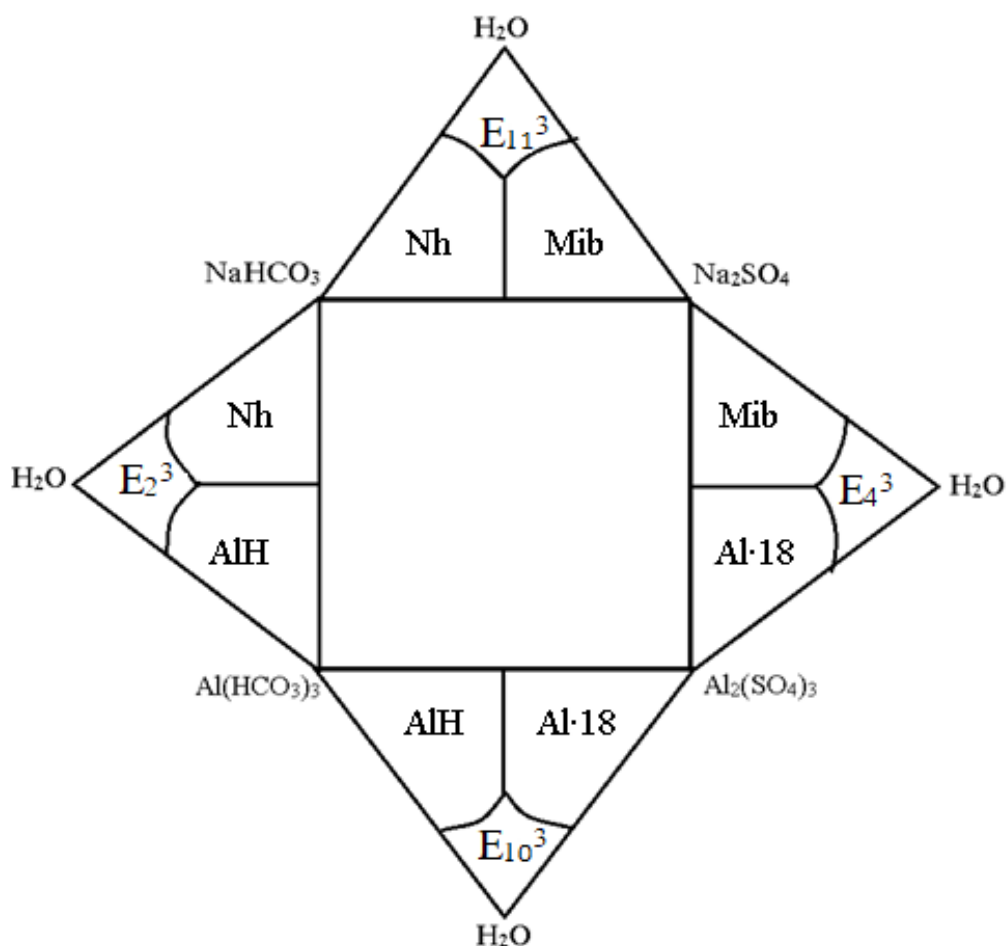
Қисми таркибии обии системаи физико-химиявии мазкур аз чунин зерсистемаҳои секомпонента иборат аст: Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Мувофиқи корҳои [98-99] танҳо системаи $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ таҳқиқ шуда, барои он чунин нуқтаҳои нонварианти мувофиқ мебошанд (ҷадв. 12). Се системаҳои секомпонентаи боқимонда ҳамчун системаҳои оддии эвтоникии дорои як нуқтаи нонварианти қабул карда шудаанд.

Ҷадвали 12. – Нуқтаҳои нонвариантии зерсатҳи чоркомпонентагии системаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

Система	Нуқтаҳои нонварианти	Ҷазаҳои саҳти мувозинати
Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_2^3	$\text{AlH} + \text{Nh}$
Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_4^3	$\text{Mib} + \text{Al} \cdot 18$
$\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{10}^3	$\text{Al} \cdot 18 + \text{AlH}$
$\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{11}^3	$\text{Mib} + \text{Nh}$

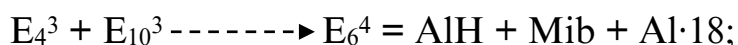
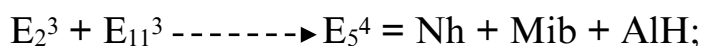
Системаи секомпонентаи дар 273 К ба таври экспериментали омӯхта шуда, диаграммаи ҳалшавандагии он сохта шудааст [100]. Мувофиқи он ҳиссаи массаи намакҳои алоҳида дар маҳлули системаҳои дукомпонента $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 4.3\%$, $\text{NaHCO}_3 - 6.49\%$ ва ҳалшавандагии ду намак дар об, ки сатҳи секомпонентаи система мебошад $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 2.73\%$, $\text{NaHCO}_3 - 5.58\%$ -ро ташкил дода, ифода менамоянд, ки дар ҳарорати додашуда барои системаи секомпонентаи номбаршуда ҷазаҳои саҳти $\text{Mib} + \text{Nh}$ дар мувозинат мебошанд.

Расми 7 инъикосгари диаграммаи ҷазаҳосилшавии системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои ҳарорати 273 К ба намуди пирамидаи чоррӯяи кушода аст. Бояд қайд намуд, ки дар ин сатҳи компонентнокӣ барои системаи мазкур мавҷудияти чор нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонента хос мебошад.



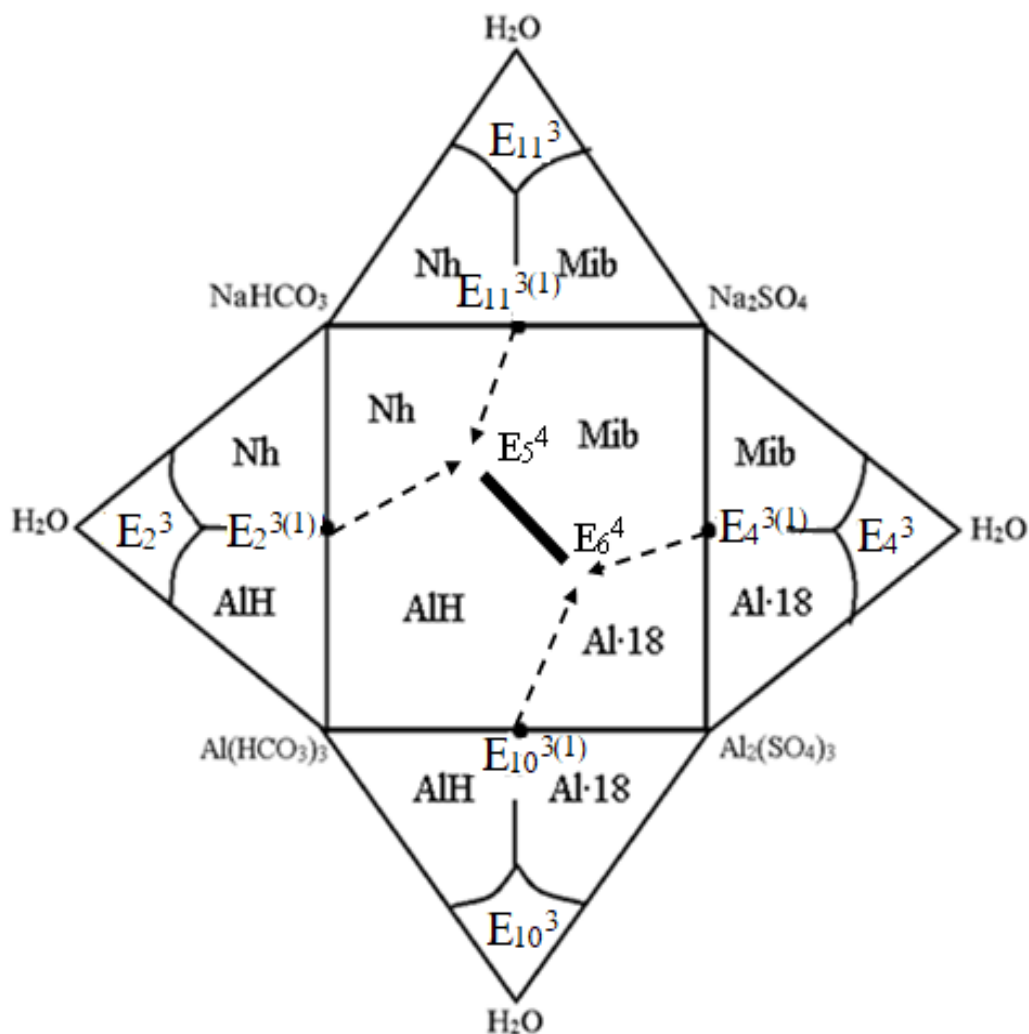
Расми 7. – Диаграммаи сатҳи секомпонентаи «Пирамидаи кушода»-и
 комплексҳои фазагии системаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O
 дар ҳарорати 273

Илова намудаи компоненти чорум ба яке аз системаҳои секомпонента транслятсияи элементҳои геометрӣ, хусусан нуқтаҳои нонварианти ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба намуди хатҳои моноварианти амали гашта, дар сатҳи компонентнокии навбатӣ ба ҳам якҷоя шуда, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро бо фазаҳои саҳти мувозинатиашон ҳосил мекунанд:



Ҳамин тавр, бо ёрии усули транслятсия ҳардуи нуқтаҳои нонвариантии (E_5^4 ва E_6^4) сатҳи чоркомпонентагӣ дар натиҷаи транслятсияи дутарафа ҳосил шуданд [54-56].

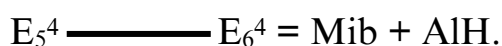
Диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , ки бо ёрии усули универсиалии транслятсия дар ҳарорати 273 К сохта шудааст, дар расми 8 оварда шудааст.



Расми 8. – Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентагии фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 273 К

Диаграмма дар асоси пирамидае, ки барои ифодаи диаграммаи системаи зерин дар сатҳи секомпонентагӣ (рас.7)-ро ташкил медиҳад истифода бурда шуд, ки он дар расми 8 акс ёфтааст. Дар он ба ғайр аз нуқтаҳои нонвариантии болозикр, инчунин мавҷудияти 4 майдонҳои диваврианти бо фазаҳои саҳти мувозинатии индивидуалиашон (Nh, AlH, Mib, Al·18) ва 5 хатҳои моноварианти низ инъикос ёфтаанд. Хатҳои

монвариантӣ ду намуди пайдоиш доранд. Чортои онҳо зимни интиқоли нуктаҳои нонвариантии сатҳи n-компонентагӣ ба сатҳи n+1-компонентагӣ ҳосил шуда, бо хатҳои пунктирӣ ифода ёфтаанд. Таркиби фазаҳои таҳшинии ин хатҳои моновариантӣ бо таркиби фазаҳои таҳшинии нуктаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагии транслятсияшуда мувофиқат мекунанд. Якто хати моновариантие, ки дар байни нуктаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ гузаштааст, хати ғафси яклухт буда, таркиби фазаи саҳти зеринро дорад:



Сохтори системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К инчунин дар корҳои [93, 101] нашр ва муҳокима шудаанд.

Контури майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти индивидуалии системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К (диаграммаи рас. 8) дар ҷадвали 13 оварда шудааст.

Ҷадвали 13. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контури майдонҳои дивариантии системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

№ р/т	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас.8.)
1.	Mib	$\begin{array}{ccc} \text{Na}_2\text{SO}_4 & \text{—} E_{11}^3 & \text{—} E_5^4 \\ & & \\ E_4^3 & \text{-----} & E_6^4 \end{array}$
2.	Al·18	$\begin{array}{ccc} E_6^4 & \text{←-----} & E_4^3 \\ & & \\ E_{10}^3 & \text{—} & \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \end{array}$
3.	AlH	$\begin{array}{ccc} E_2^3 & \text{-----} & E_5^4 \text{ — } E_6^4 \\ & & \\ \text{Al}(\text{HCO}_3)_3 & \text{—} & E_{10}^3 \end{array}$
4.	Nh	$\begin{array}{ccc} E_{11}^3 & \text{—} & \text{NaHCO}_3 \\ & & \\ E_5^4 & \text{←-----} & E_2^3 \end{array}$

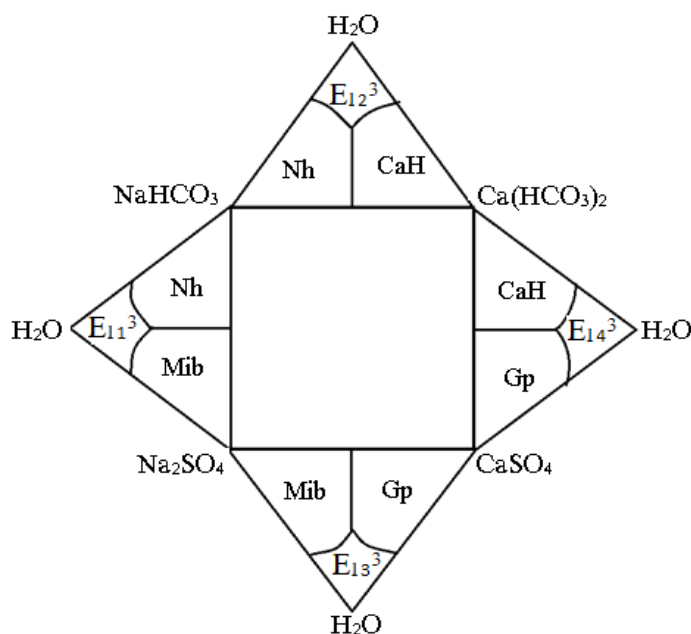
2.5. Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

Системаи химиявии Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ чунин зерсистемаҳои секомпонентаро дар бар мегирад: $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Нуқтаҳои нонвариантии барои онҳо хос бо фазаҳои саҳти мувозинатишон дар ҷадвали 14 оварда шудаанд.

Ҷадвали 14. – Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентаи системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

Система	Нуқтаи нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
$\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{11}^3	Mib + Nh
Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{12}^3	Nh + CaH
Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_{13}^3	Mib + Gp
$\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{14}^3	Gp + CaH

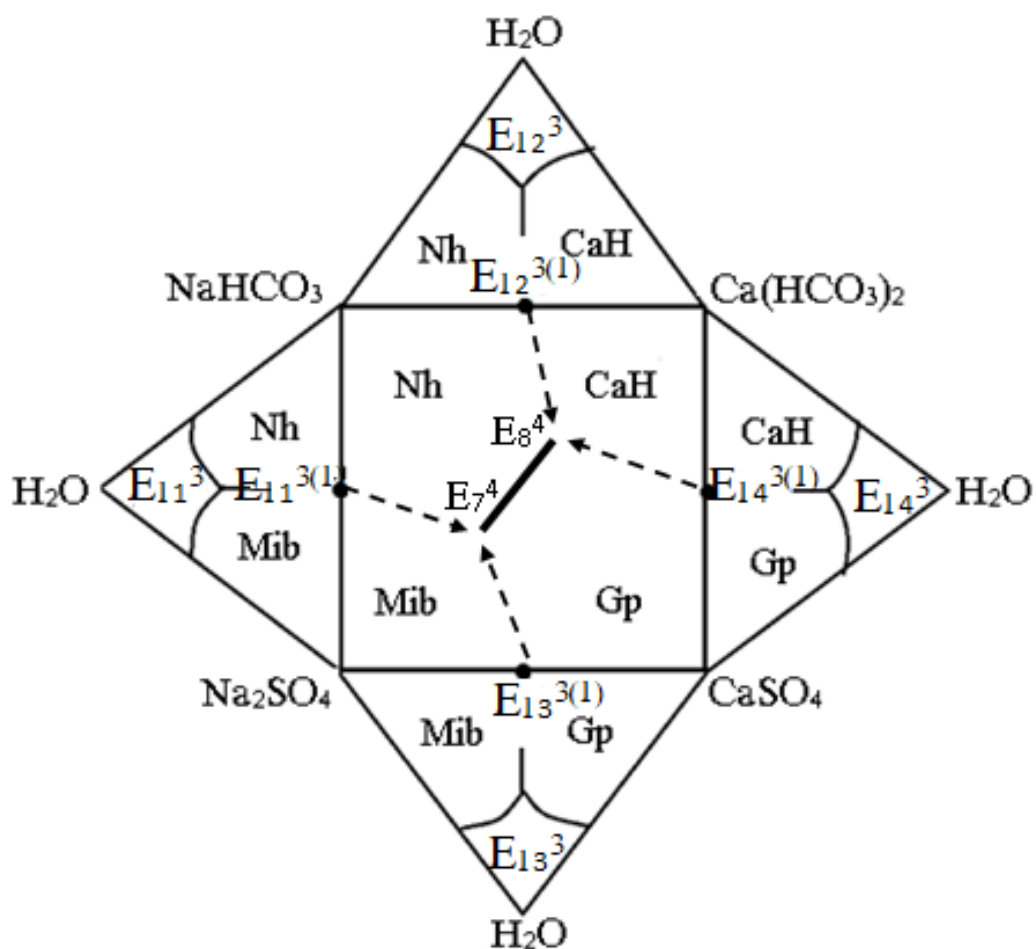
Бо истифода аз маълумотҳои ҷадвали 14 диаграммаи системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 273 К дар сатҳи секомпонентагӣ бо шакли пирамидаи кушода сохта шудааст (рас. 9).



Расми 9. – Диаграммаи сатҳи секомпонентаи «Пирамидаи кушода»-и фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273

Барои пешгӯии мувозинатҳои фазагӣ дар системаи овардашуда дар сатҳи чоркомпонентагӣ маълумотҳои корҳои [91-92] истифода бурда шуда, инчунин дар корҳои [102] низ баррасӣ шудааст.

Дар расми 10 диаграммаи сарбастаи фазаҳосилшавии системаи тартиби дуҷуми муовизаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 273 К дар сатҳи чоркомпонентагӣ [102], бо ёрии усули транслятсия сохта шудааст, чой дорад. Он бо истифода аз пирамидаи чоррӯя амали шудааст. Фазаҳосилшавӣ дар сатҳи секомпонентагӣ иҷро гардида, дар расми 9 акс ёфтааст. Дар диаграммаи сохташуда ҳамаи шаклҳои геометрии имконпазир инъикос ёфтаанд. Онҳо 2 нуқтаҳои нонварианти, 4 майдонҳои диварианти ва 5 хатҳои моноварианти буда, табиати гуногуни ҳосилшавӣ доранд [54-56].



Расми 10. – Диаграммаи сарбастаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 273 К дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Таркиби фазаи таҳшинии хатҳои моноварианти, ки дар натиҷаи интиқоли нуктаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба амал омадаанд, бо таркиби фазаи таҳшиниашон ба нуктаҳои нонвариантии транслятсияшуда мувофиқат мекунанд. Таркиби фазаҳои саҳти мувозинатии хати моноварианти, ки дар байни нуктаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ мегузаранд, чунин аст:



Контури майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти индивидуалӣ дар чадвали 15 оварда шудаанд.

Чадвали 15. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контури майдонҳои дивариантии системаи $Na^+, Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$ дар ҳарорати 273 К

№ р/т	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас. 10)
1.	Nh	$ \begin{array}{ccc} NaHCO_3 & \text{—————} & E_{12}^3 \\ & & \vdots \\ E_{11}^3 & \text{----} \rightarrow & E_7^4 \text{ ————— } E_8^4 \end{array} $
2.	Gr	$ \begin{array}{ccc} E_{12}^3 & \text{-----} & E_8^4 \\ & & \vdots \\ Ca(HCO_3)_2 & \text{—————} & E_{14}^3 \end{array} $
3.	Mib	$ \begin{array}{ccc} E_{11}^3 & \text{—————} & Na_2SO_4 \\ \vdots & & \\ E_7^4 & \text{-----} & E_{13}^3 \end{array} $
4.	Gr	$ \begin{array}{ccc} E_8^4 & \text{—————} & E_7^4 \text{ <---- } E_{13}^3 \\ \vdots & & \\ E_{14}^3 & \text{—————} & CaSO_4 \end{array} $

2.6. Изотермаи фазаҳосилшавии системаи панҷкомпонентаи обӣ-намакии $Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$ дар 273 К

Аз баррасии системаҳои нисбатан оддӣ ба системаҳои мураккабтар гузашта истода, мо метавонем системаҳоеро баррасӣ кунем, ки он аз об ва

ду моддаҳои реаксияҳои муовизаро ташкилдиханда, илова бар ин, аз як моддаи дигар, ки бо яке аз он ду реаксияҳои муовиза иони умумӣ дорад, иборат бошанд. Чунин системаҳоро бо формулаҳои зерин ифода кардан мумкин аст: $A^+, B^+, C^+ // X^-, Y^- - H_2O \rightleftharpoons A^+, B^+ // X^-, Y^-, Z^- - H_2O$. Ин формулаҳо нишон медиҳанд, ки дар система катионҳои A, B, C ва анионҳои X ва Y мавҷуданд.

Объекти таҳқиқоти кори илмӣ мо системаи панҷкомпонентаи муовизаи $Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+} // SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$ буда, он мисоли катионҳои A, B ва C ин Na^+, Ca^{2+} ва Al^{3+} ва анионҳои X ва Y инҳои SO_4^{2-} ва HCO_3^- мебошанд. Системаи зерин аз ҷуфти намакҳои муовизаи зерини $Na_2SO_4, Ca(HCO_3)_2$ ва $NaHCO_3, CaSO_4$ иборат буда, байни онҳо чунин реаксияи муовиза ҷой дорад:



ва дар система боз об ва як намаки дигари $Al_2(SO_4)_3$ мавҷуд буда, бо сабаби мавҷудияти ин намак дар система, реаксияҳои мубодилаи зерин имконпазир мебошанд:



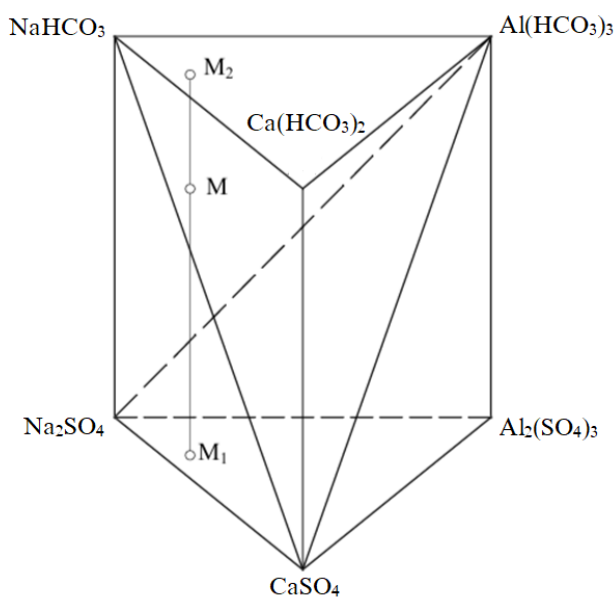
Аммо яке аз ин муодилаҳо натиҷаи ду муодилаи дигар буда метавонад: масалан, муодилаи таъсири муттақобилаи гидрокарбонати натрийро бо сулфати алюминий метавонем аз муодилаҳои таъсири сулфати натрий бо гидрокарбонати калтсий ва гидрокарбонати калтсий ва сулфати алюминий ба даст орем, агар дар самти чап (аввал) – и муодилаи боҳамтаъсири намакҳои сулфати натрий ва гидрокарбонати калтсий ба самти рост ва баракс, самти рости онро ба чап интиқол дода, онро бо муодилаи боҳамтаъсири гидрокарбонати калтсий бо сулфати алюминий ҷамъ мекунем.

Ҳамин тавр, дар ин система ҳафт модда (қисмҳои таркибӣ) мавҷуд аст (намакҳои $Na_2SO_4, Ca(HCO_3)_2, NaHCO_3, CaSO_4, Al_2(SO_4)_3, Al(HCO_3)_3$ ва H_2O), нигаред ба расми 11, ки байни онҳо ду реаксияи мустақили

имконпазир чой дошта, яъне аз панҷ компонент иборат аст. Бинобар ин система ба системаи муовизаи панҷкомпонентаи ҳалкунандаи умумидор мансуб мебошад. Бидуни об ин система ба системаи чоркомпонентаи муовиза таллуқ дорад, ки онҳоро системаҳои муовизаи чоркомпонентаи ғудохта меноманд.

Пеш аз ҳама, мо усули тасвириро тавсиф мекунем, ки он имкон медиҳад диаграммаи системаи чоркомпонентаи муовизаро бе ҳалкунанда ё таркиби намакии системаи муовизаи панҷкомпонентаро бо ҳалкунанда созем. Барои ин системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O объекти таҳқиқотии мо буда, консентратсияи ионҳоро тавре ифода мекунем, ки суммаи ҳамаи эквивалентҳои ионӣ ба як бузургии доимӣ, масалан, 200 баробар бошад. Дар ин ҳолат, албатта, суммаи эквивалентҳои катионҳо ба суммаи эквивалентҳои анионҳо баробар аст. Ҳамин тавр, агар консентратсияи ионҳоро бо ҳарфҳои хурд ифода кунем, он гоҳ он муодила чунин шаклро мегирад: $a + b + c = x + y = 100$.

Барои ин призмаи секунҷаро бо секунҷаи баробарпахлуи асосдор ва ба сифати асосҳои пахлуи чоркунҷаҳоро, ки дар расми 11 ифода ёфтааст, истифода мебарем.



Расми 11. – Сохтори ҷойгиршавии нуқтаҳо дар системаи обӣ, ки ионҳои натрий, калсий, алюминий, сулфат, гидрокарбонатро дар бар мегирад

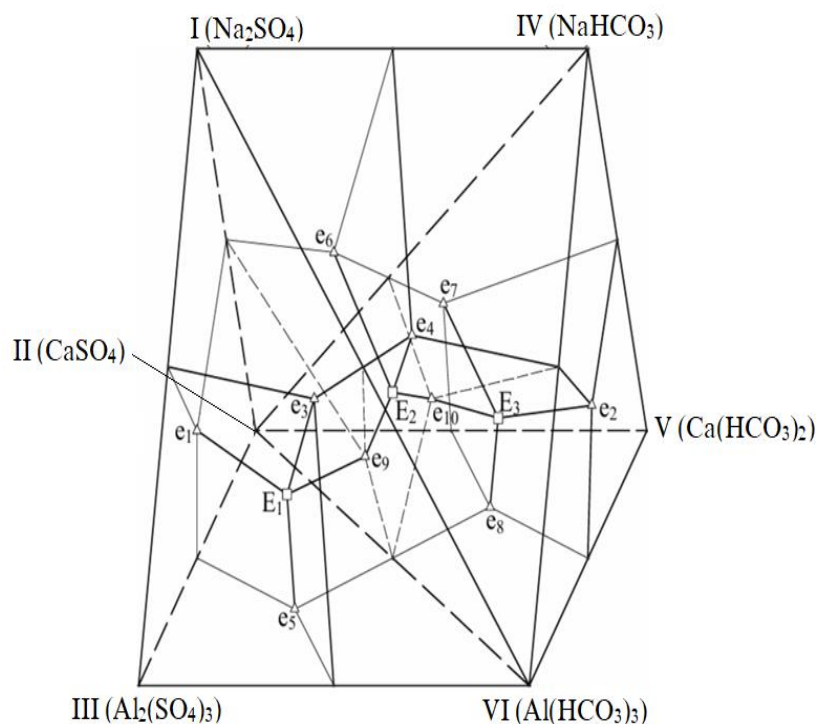
Дар ин призма ҳамаи канорҳо баробар мебошанд. Мо канорҳоро ба 100 баробар қабул мекунем ва дар ҳар ду асосҳо миқдори катионҳоро ба ҳамон тавре ки дар сохтани диаграммаи системаи секомпонентаи бо усули Розебом маълум аст, ҷойгир мекунем. Дар натиҷа, ду нуқтаҳои M_1 ва M_2 ҳосил мешаванд, ки онҳоро бо хатти ростии M_1M_2 пайваст мекунем. Хати ростии ҳосилшудаи M_1M_2 , ки ба канораи паҳлӯии призма муқобил (параллел) аст, ва он ба 100 баробар буда, бо нуқтаи M тавре тақсим мекунем, ки қисмҳои $M_1M = y$ ва $M_2M = x$ ба даст оянд. Пас, нуқтаи M нуқтаи муайяни таркиби намакӣ мебошад.

Аз ин ҷо маълум аст, ки қуллаҳои призма намакҳои таркиби системаро ифода мекунанд. Ба шарте, ки намакҳои дучанда ва гидратҳои намакҳо ҳосил нашаванд, яъне вақте ки фазаҳои саҳт бо 6 намакҳои Na_2SO_4 , $Ca(HCO_3)_2$, $NaHCO_3$, $CaSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $Al(HCO_3)_3$ ифода шаванд, ҳаҷми умумии призма ба 6 ҳаҷми кристаллизатсияи намакҳо, ки дар расми 12 тасвир шудаанд, тақсим мешавад. Ин ҳаҷмҳо бо сатҳҳои кристаллизатсияи дукомпонента ҷудо мешаванд, ки дар як вақт ба кристаллизатсияи ҷуфтҳои мувофиқи намакҳо мувофиқат мекунанд. Сатҳҳои кристаллизатсияи дукомпонента дар хатҳои сарҳадӣ бурида шуда, таркиби маҳлули намакҳоеро нишон медиҳанд, ки дар як вақт се намакҳо якҷоя кристаллизатсия мешаванд.

Дар охир, нуқтаҳои E_1 , E_2 ва E_3 ба маҳлули намакҳои мувофиқат мекунанд, ки дар онҳо якбора чор намак кристаллизатсия мешаванд: дар E_1 – намакҳои Na_2SO_4 , $CaSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $Al(HCO_3)_3$; дар E_2 – $CaSO_4$, $NaHCO_3$, $Al(HCO_3)_3$, Na_2SO_4 ва дар E_3 – чор намак $CaSO_4$, $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, $Al(HCO_3)_3$. Ин нуқтаҳо эвтоникаи чоркомпонента барои системаҳои бе ҳалкунанда ва проексияҳои намакии эвтоникаи чоркомпонента барои системаҳои дорои ҳалкунанда мебошанд.

Диаграммаи призмашаклро бо хатҳои (буришҳои) ҳамвор ба се тетраэдраи номунтазам тақсим (триангулятсия) намудем. Ин хатҳоро чунин гузаронидем: хати диагоналии $Na_2SO_4 - CaSO_4 - Al(HCO_3)_3$ -ро

гузаронида, тетраэдраи $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{CaSO}_4$ —ро чудо намудем; дар қисми боқимондаи призма бошад, хати диагоналии $\text{NaHCO}_3 - \text{CaSO}_4 - \text{Al}(\text{HCO}_3)_3$ -ро гузаронида, ду тетраэдраи номунтазам (IV) —и дигарро ҳосил намудем: $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{NaHCO}_3 - \text{Al}(\text{HCO}_3)_3 - \text{CaSO}_4$ ва $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{NaHCO}_3 - \text{CaSO}_4 - \text{Al}(\text{HCO}_3)_3$.

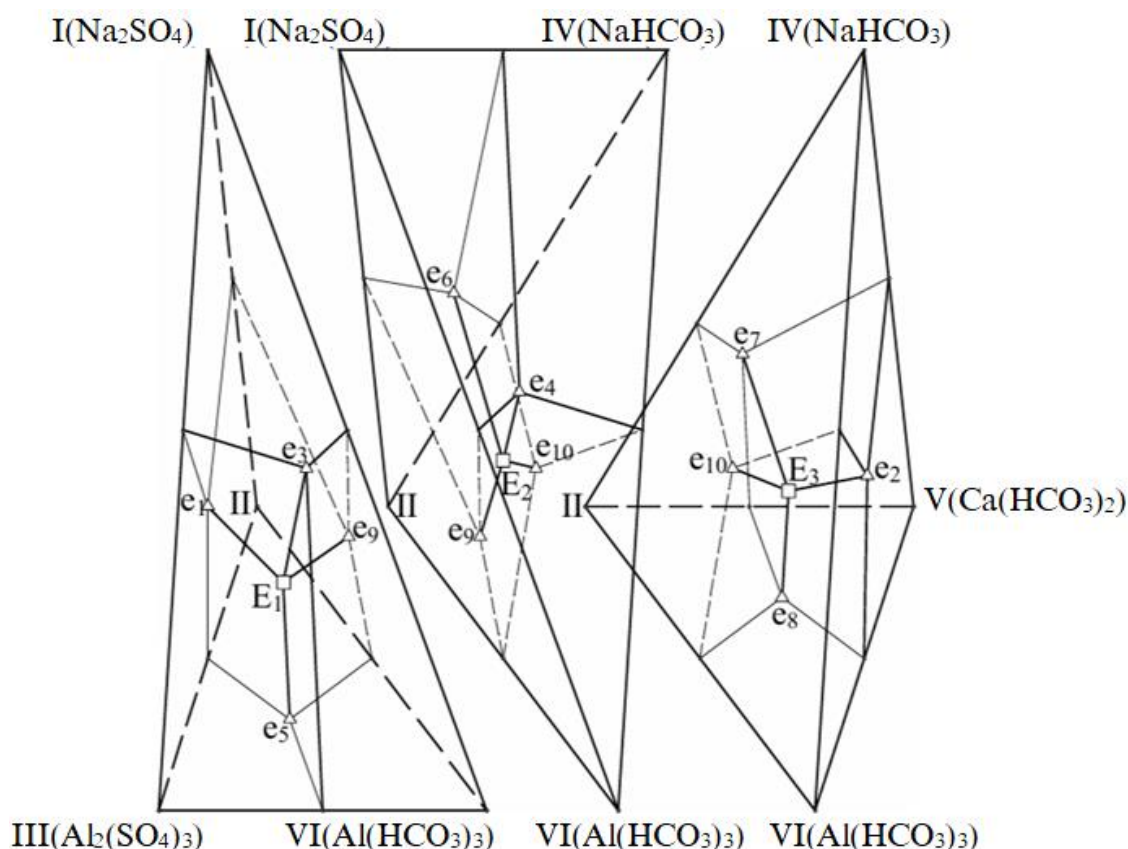


Расми 12. – Схемаи фазаҳосилшавии системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар изотермаи 273 К

Ба ин васила, таркиби система ё массаи намакӣ ҳамеша бо ёрии чор намак ифода шуда метавонад. Аз кадом чор намакҳо ифодаёбии онҳо аз он вобаста аст, ки нуктаи фигуративии додашуда дар кадоме аз се тетраэдрҳои зикршуда қарор дорад. Дар расми 14 чунин тақсимои диаграммаи призматикӣ, ки дар расми 13 тасвир шудааст, бо ёрии ду бурришҳои диагоналии: I, II, VI ва II, IV, VI нишон дода шудааст.

Барои тасвири диаграммаи бадастаомада дар ҳамворӣ мо метавонем аз проексияҳои ортогоналии асосдор ва яке аз сатҳҳои паҳлӯии призма истифода барем.

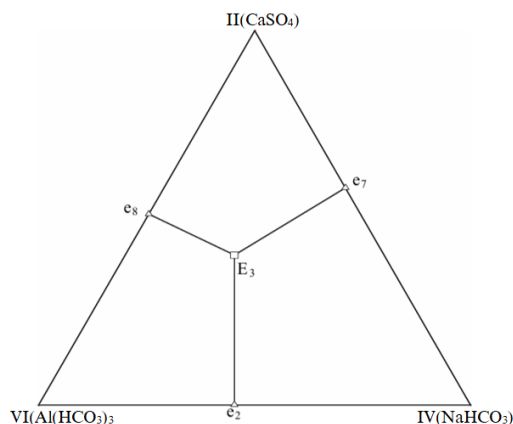
Баъзан қисмҳои алоҳидаи диаграммаи призматикиро бо истифода аз проексияҳои перспективии марказаш дар яке аз қуллаҳои призма қарор дорад, тасвир мекунанд. Масалан, сатҳҳои сарҳади ҳаҷми кристаллизатсияи намаки $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – ро, ки дар расми 13 дар тарафи рост қарор дорад, қуллаи V ба самти ҳамвории II, IV, VI проексия карда шавад. Дар натиҷа, диаграммаи ҳамвори дар дохили секунҷаи баробарпахлуи VI-II-IV ҳобидаро ба даст меорем.



Расми 13. – Триангулятсияи проексияи намакии изотермаи фазаҳосилшавии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ бо ду буриши диагоналии устувор

Дар расми 14 диаграммаи ҳамвор тасвир шудааст, ки дар он проексияҳои сатҳи кристаллизатсияи дукомпонентаи намакҳои $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ва $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$ ($\text{VI}(\text{Al}(\text{HCO}_3)_3)$ - e_8 - E_3 - e_2), намакҳои $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ва NaHCO_3 ($\text{IV}(\text{NaHCO}_3)$ - e_2 - E_3 - e_7), намакҳои $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ва CaSO_4 ($\text{II}(\text{CaSO}_4)$ - e_8 - E_3 - e_7) намоён мебошанд. Дар он бо осонӣ дида мешавад, ки ҳар як сатҳи зикршуда ба кристаллизатсияи намаки $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ бо намаке, ки он дар

куллаи мувофиқ қарор дорад (CaSO_4), мувофиқат мекунад. Ғайр аз ин, дар проексияи зикршуда проексияҳои хатҳои кристаллизатсияи сечандаи e_8E_3 , e_7E_3 , e_2E_3 ва проексияи нуқтаи нонвариантии E_3 (нуқтаи эвтоникӣ ё эвтоникаи чоркомпонента оварда шудаанд.



Расми 14. – Проексияи перспективии сатҳҳое, ки дар диаграмма ҳаҷми кристаллизатсияи намаки $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -ро маҳдуд мекунанд

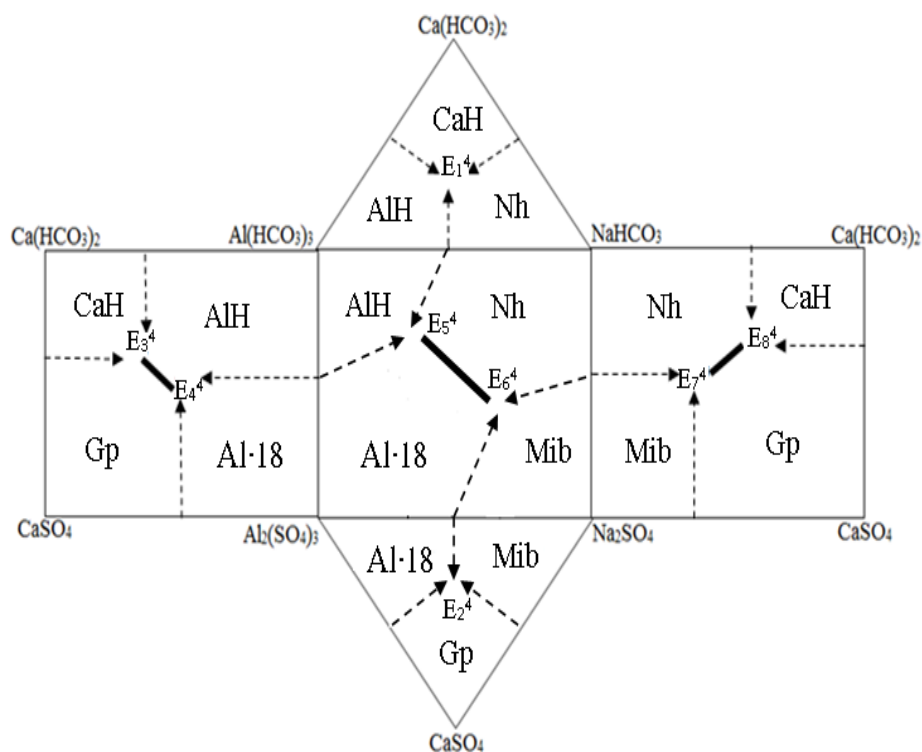
Мувофиқи маълумотҳои бо ёрии усули транслятсия ба даст овардаамон бошад, ба системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ нуқтаҳои нонвариантии зерин бо фазаҳои саҳти дар мувозинатбудаашон хос мебошанд (ҷад. 16).

Ҷадвали 16. – Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 273 К

Нуқтаҳои нонварианти	Система	Фазаҳои саҳти дар мувозинат буда
E_1^4	Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O	$\text{Nh} + \text{CaH} + \text{AlH}$
E_2^4	Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O	$\text{Mib} + \text{Gp} + \text{Al} \cdot 18$
E_3^4	Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	$\text{Gp} + \text{CaH} + \text{AlH}$
E_4^4		$\text{Gp} + \text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$
E_5^4	Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	$\text{Nh} + \text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$
E_6^4		$\text{Mib} + \text{Nh} + \text{Al} \cdot 18$
E_7^4	Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	$\text{Mib} + \text{Nh} + \text{Gp}$
E_8^4		$\text{Nh} + \text{CaH} + \text{Gp}$

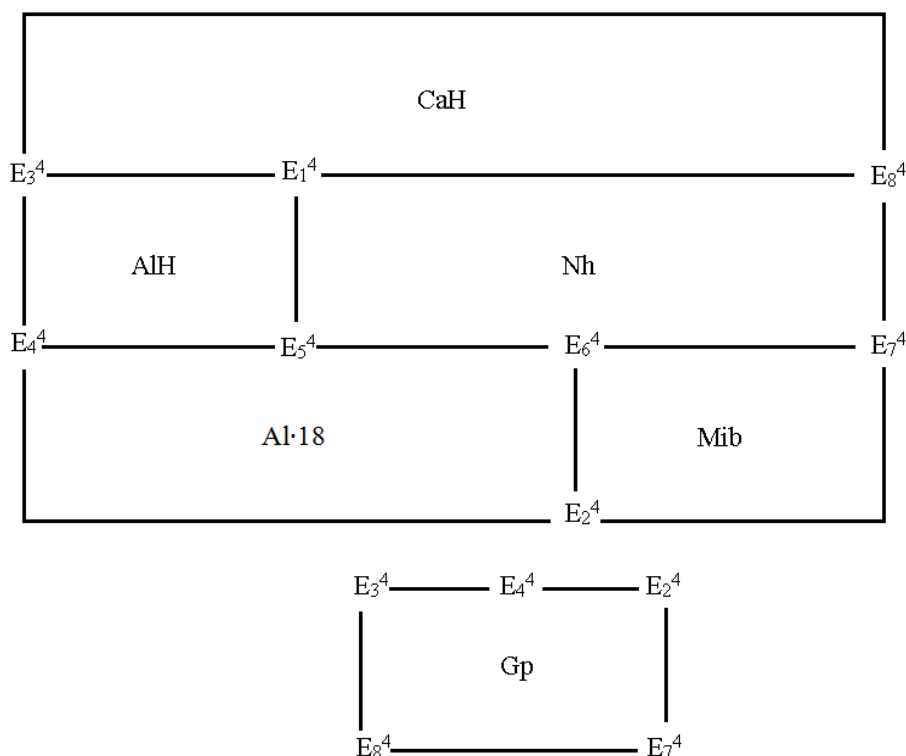
Дар вақти пажуҳиши систмаҳои поликомпонента яке аз проблемаҳои ҷой дошта - ин ҷустуҷӯ ё интиҳоби роҳи тасвири диаграммаи ҳолатии онҳо ба шумор меравад. Мутахассисон дар доираи таҳқиқи системаҳои биёркомпонента ин масъаларо бо роҳҳои гуногун ҳал мекунанд. Яке аз роҳҳои маъмултарин он аст, ки бо ин мақсад призмаро истифода мебаранд, вале дар он танҳо қисми намакии системаи панҷкомпонента тасвир меёбаду ҳалос (расми 12). Бо вуҷуди ин, зимни дар он болои ҳам ҷой додани шаклҳои геометрии мувофиқ диаграмма мураккаб шуда, хондани он мушкилиро пеш меорад.

Барои равшану возеҳ ва хонданибоб шудани диаграмма, барои тасвири мувозинатҳои фазагӣ дар системаҳои бисёркомпонентаи муовиза аз ҷониби Л.Солиев [54-56] «Призмаи кушода» пешниҳод шудааст, ва мо дар таҳқиқи системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аз он истифода намудем (рас. 15).



Расми 15. – «Призмаи кушода» - воситаи истифодакунии таҳлили табдилёбиҳои фазагӣ ва муайянкунии минтақаҳои кристаллизатсияи фазаҳои гуногуни минералӣ дар системаи обӣ - намакии тартиби дуюм дар ҳарорати 273 К дар сатҳи 4-чоркомпонентагӣ

Бо мақсади минбаъд соддатар кардани диаграммаи овардашуда, муттаҳидсозии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти алоҳида зарур аст. Онро ба намуди схематикӣ [103] пешниҳод кардан мумкин аст. Дар диаграммаи схематикӣ (рас. 16) маълумоти пурраи система ҷой дорад. Мавҷудияти ҳамаи шаклҳои геометрӣ, мавқеи мутақобила ва таркиби фазаҳои саҳти мувозинатишон шарҳи худро меёбад.

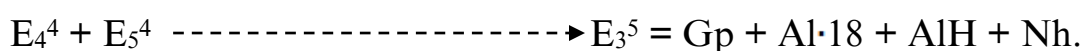
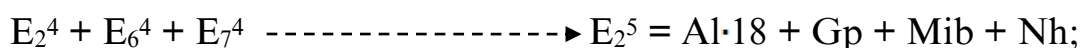
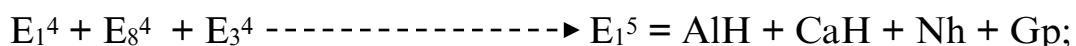


Расми 16. – Диаграммаи схематикӣ сатҳи чоркомпонентагии табдилоти фазагӣ дар системаи тартиби дуум (ионҳои натрий, калсий, алюминий, гидрокарбонат, сулфат ва об) дар 273 К

Чунин диаграммаҳои схематикӣ метавонанд, асоси таҳқиқ барои бо усули транслятсия омӯзиш ва сохтани системаи таҳқиқшаванда дар сатҳи компонентнокиашон нисбатан зиёд хизмат кунанд, яъне истифодаи принципи мутобиқати сохтори элементҳои таркиби алоҳидаи n ва $n+1$ умумии системаҳо дар як диаграмма ҷой мегиранд [29].

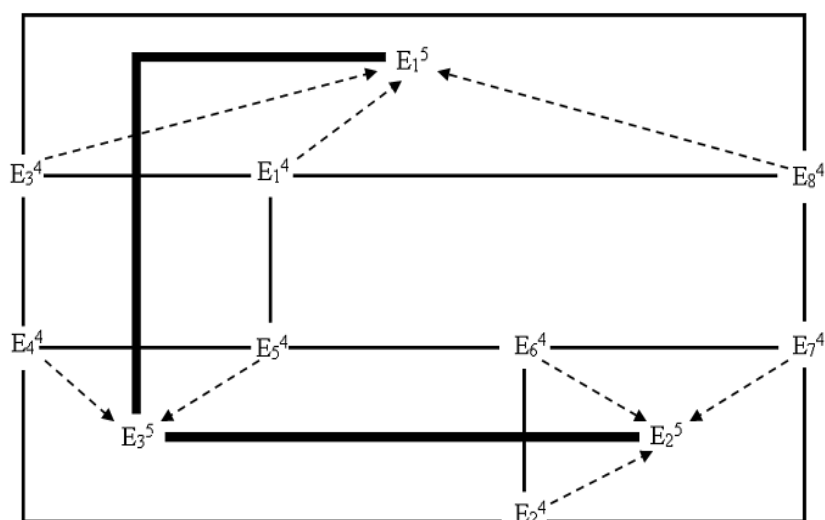
Чи тавре ки аз ҷадвали 16 аён аст, дар системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 273 К дар сатҳи чоркомпонентагӣ 8 нуқтаҳои нонварианти муайян карда шудааст.

Истифодаи усули транслятсия [54-56] нишон медиҳад, ки дар натиҷаи иловаи компоненти панҷум ба дилхоҳ яке аз системаҳои чоркомпонента элементҳои геометрии системаи чоркомпонента андозаашонро ба як воҳид зиёд намуда, дар сатҳи компонентнокии минбаъда дар шакли трансформатсияшуда, транслятсия мешаванд ва дар фазои сатҳи панҷкомпонентагӣ онҳо нуқтаҳои нонвариантии зеринро ҳосил мекунанд:



Аз нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонентаи дар натиҷаи транслятсия ҳосилшуда, дутоаш (E_1^5 ва E_2^5) дар натиҷаи транслятсияи сетарафа ва E_3^5 дар асоси транслятсияи дутарафа ҳосил шудаанд, ки ба принципҳои асосии физико-химиявӣ итоат мекунанд [1].

Дар расми 17 диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К дар сатҳи чор-панҷкомпонентагӣ, бо дарназардошти ҳамаи нуқтаҳои нонвариантии муайяншуда оварда шудааст.



Расми 17. – Системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар 273 К.

Диаграммаи шароитҳои ҳосилшавии фазаҳо, дар сатҳи чор-панҷкомпонентагӣ

Чи тавре ки маълум аст, дар диаграмма сохтори элементҳои панҷ зерсистемаҳои чоркомпонентии алоҳида ва сохтори элементҳои умумии системаи панҷкомпонента (майдонҳои диварианти, хатҳои моноварианти ва нуқтаҳои нонварианти) ҷойгир ва ифода гардидаанд.

Муқоисаи сохтори диаграммаи сохташуда инъикос менамояд, ки он дар сатҳи панҷкомпонентагӣ ба ғайр аз 3 нуқтаҳои нонварианти, ки таркиби фазаҳои саҳти мувозинатиашон дар боло омадаст, инчунин бо мавҷудияти 10 хатҳои моноварианти, ки 8 - тои онҳо дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ (онҳо ба шакли хатҳои пунктирии самтдор, ки самти транслятсияро муайян мекунанд, ифода ёфтаанд) хос мебошанд. Таркиби фазаҳои саҳти онҳо бо таркиби фазаҳои саҳти дар мувозинатбудаи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагии транслятсияшудаи болозикр мувофиқат мекунанд. 2 хатҳое, ки аз байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонентагӣ мегузаранд, дорои чунин фазаҳои саҳти мувозинатӣ мебошанд:

$$E_1^5 \text{ ————— } E_3^5 = Gr + Nh + AlH;$$

$$E_2^5 \text{ ————— } E_3^5 = Gr + Nh + Al \cdot 18.$$

Системаи таҳқиқшаванда дар сатҳи панҷкомпонентагӣ бо мавҷудияти 12 майдонҳои диварианти, ки дар натиҷаи транслятсияи хатҳои моноварианти аз сатҳи 4-компонентагӣ ба сатҳи 5-компонентагӣ ҳосил шудаанд, хос мебошад. Барои соддатар намудани хондани диаграммаи сохташуда, майдонҳои дивариантии он фрагментатсия карда шуда, контури онҳо дар ҷадвали 17 оварда шудаанд.

Ҷадвали 17. – Фазаҳои саҳти дивариантии майдонҳо ва контури онҳо дар системаи $Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$ барои ҳарорати 273 K

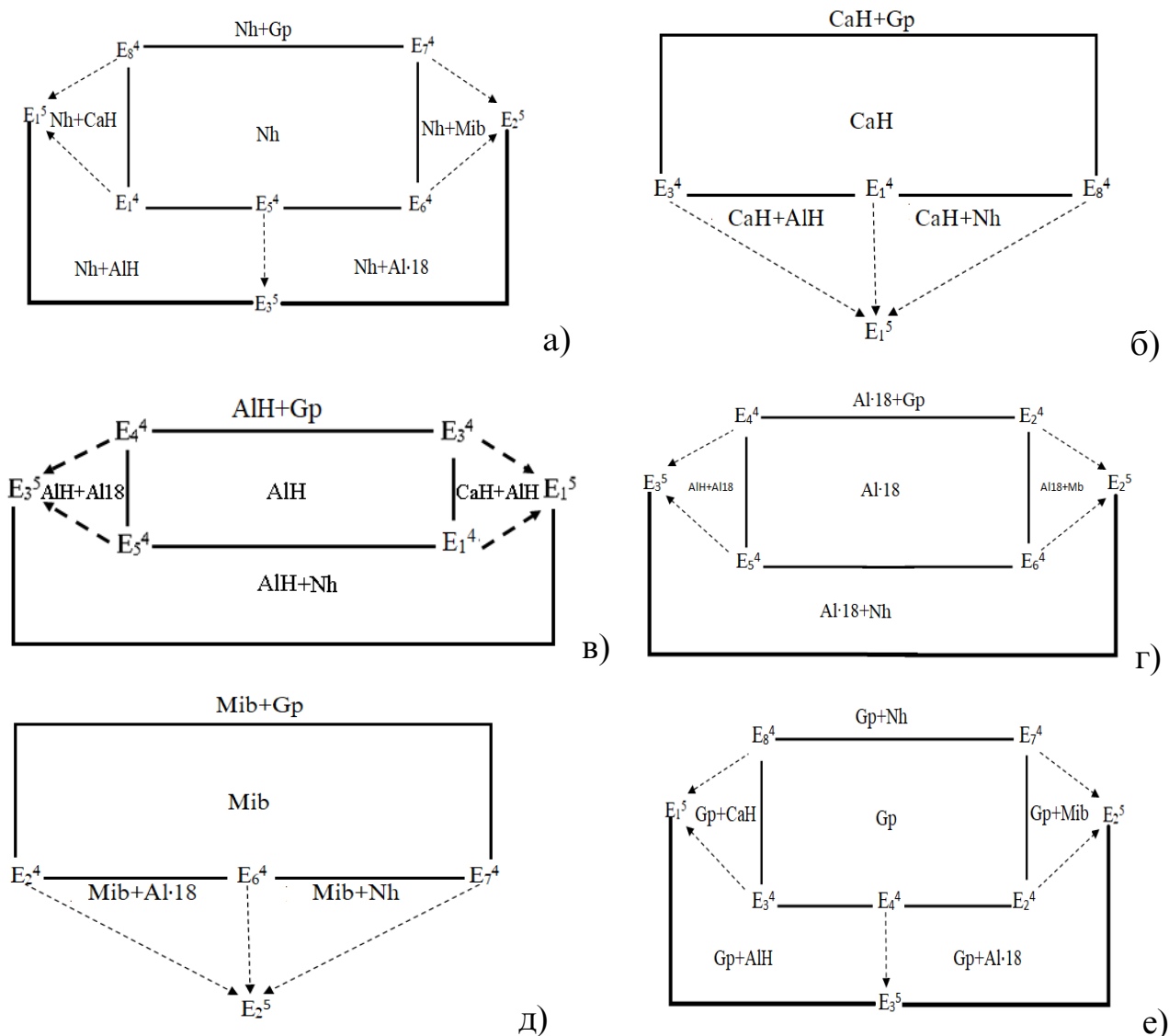
Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас. 17)	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас. 17)
1	2	3	4

			Давоми ҷадвали 17
1	2	3	4
CaH + AlH		AlH + Al-18	
CaH + Nh		Al-18 + Nh	
AlH + Nh		Nh + Mib	
Mib + Gp		Gp + Nh	
Mib + Al-18		AlH + Gp	
Al-18 + Gp		CaH + Gp	

Таҳлили сохтори диаграммаи сохташудаи системаи таҳқиқшаванда дар ҳарорати 273 К нишон медиҳад, ки адади зиёди майдонҳои кристаллизатсияи якҷояро бо дигар фазаҳо нахколит ва гипс ҳосил мекунанд. Ин шаҳодати онро медиҳад, ки майдони кристаллизатсияи шаклҳои геометрии, ки дараҷаи озодашон ба ду баробар аст, қисми зиёди системаи таҳқиқшавандаро ишғол мекунанд.

Дар раванди ҳалли масъалаҳои конкретии амалӣ, диаграммаи фазаҳосилшавии системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O зарур аст. Тавасути он дар ҳама дараҷаи вариантнокӣ минтақаи кристаллизатсияи пайвастаҳои алоҳида фрагментатсия карда шаванд.

Дар расми 18 фрагментҳои фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O барои ҳарорати 273 К дар доираи парагенези (кристаллизатсияи якҷояи) як фаза бо дигар фазаҳо оварда шудааст.



Расми 18. – Фрагменти даграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 273 К дар шакли парагенези алоҳидаи намакҳо бо дигар фазаҳои таркибӣ:
а) Nh; б) CaH; в) AlH; г) Al·18; д) Mib; е) Gp.

Фрагментатсияи диаграммаи фазаҳосилшавӣ имконият медиҳад роҳҳои кристаллизатсия дар системаҳои мураккаби поликомпонента иҷро шавад. Ҳамзамон, дар асоси таҳлил ва пешгӯӣ таркиби фазаҳои саҳт дар интиҳо ва ибтидо ҷудо карда шаванд.

Сохтори системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 273 K, ки бо усули транслятсия муайян карда шудааст, дар [93] наشر шуда, дар [104] аз муҳокима гузашта, баррасӣ шудааст.

2.7. Ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O дар ҳарорати 273 K

Таҳқиқи ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантие, ки бо ёрии усули транслятсия ҳосил шудаанд (Қисми эксперименталӣ). Омӯзиши эксперименталии ҳолати нуқтаи нонвариантии бо ёрии усули транслятсия ҳосилшуда бо якчанд роҳҳо амалӣ карда мешаванд. Яке аз ин роҳҳои таҳқиқ «усули тосеркунӣ» мебошад, ки дар қори [105-106] пурра баррасӣ шудааст.

Таркиби системаҳои чоркомпонента бо ёрии диаграммаи тетраэдрӣ ифода меёбад. Дар ин ҳолат барои сохтани диаграммаи таркиб-ҳарорат зарурати истифодаи ченаки чорум ба миён меояд. Вале бо сабаби набудани фигураҳои геометрии реалии чорченака ин усул қариб, ки истифода карда намешавад. Одатан дар ин ҳолат дар фигураи тетраэдрӣ ифодаҳои геометриеро истифода мебаранд, ки ба вариантҳои мувозинатҳои мухталиф мувофиқанд. Ин ифодаҳо ба чунин ифодаҳои системаҳои ду-ва секомпонента монанд буда, дар ин ҳолат ифодаи ҳаҷм илова мешавад: ба мувозинати нонварианти – ифодаи нуқта; мувозинати моноварианти – ифодаи хат; мувозинати диварианти – ифодаи майдон; мувозинати триварианти – ифодаи ҳаҷм мувофиқ меоянд. Дар ҳақиқат барои мувозинати нонварианти ҳамаи параметрҳо муайян карда шудааст, бинобар ин онро координатаи нуқтаи муайян ҳисобидан мумкин. Дар ҳолати мувозинати моноварианти як параметр мустақим буда,

параметрҳои боқимонда функсияҳои он мебошанд, ки ҳамчунин элементи геометрии дар шакли хат ифода мешавад ва ғайраҳо.

Раванди хунукшавии ғудохтани системаи чоркомпонента чунин амалӣ мешавад: аввал фазаи моеъи мавҷуда хунук шуда истода як қисми таркиби ҷудо мешавад (кристаллизатсияи якумин), баъд кристаллизатсияи якҷояи ду қисми таркиби (якумин ва дуюмин), баъд кристаллизатсияи се қисми таркибӣ (якумин, дуюмин ва сеюмин) ва ниҳоят кристаллизатсияи якҷояи чор қисми таркибӣ (якумин, дуюмин, сеюмин ва чорумин) амалӣ мешавад. Раванди кристаллизатсия дар системаи чоркомпонента, миқдори фазаҳои дар мувозинат буда, вариантҳои система дар ҷадв. 18 оварда шудааст

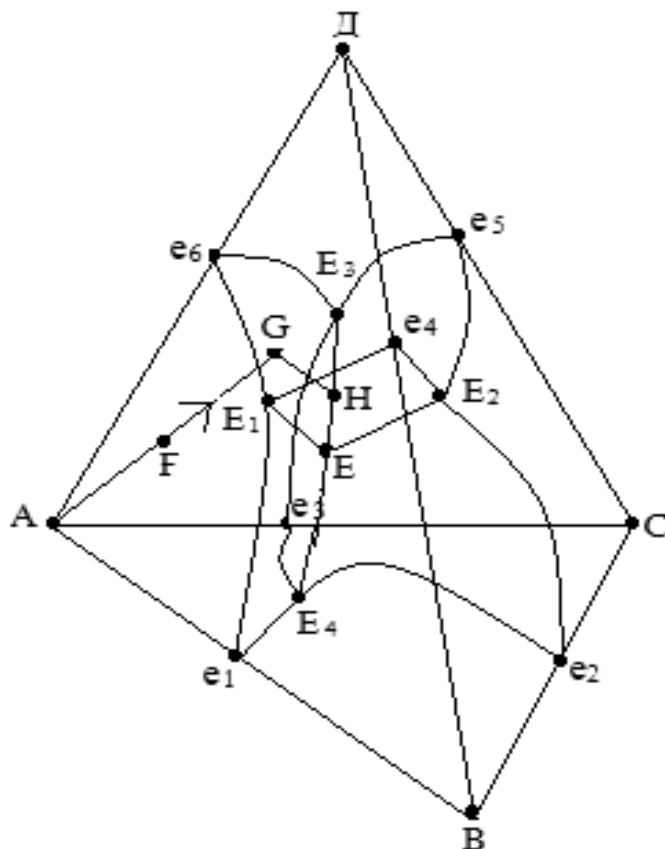
Ҷадвали 18. – Таъсифи раванди кристаллизатсия дар системаҳои чоркомпонента

Зинаҳои кристаллизатсия	Адади фазаҳо	Фазаҳо	Вариантҳои
Якумин	2	Моеъ + кристаллҳои қисми таркибии якумин	Мувозинати тривариантӣ
Дуюмин	3	Моеъ + кристаллҳои қисмҳои таркибии якумин ва дуюмин	Мувозинати дивариантӣ
Сеюмин	4	Моеъ + кристаллҳои қисмҳои таркибии якумин, дуюмин ва сеюмин	Мувозинати моновариантӣ
Чорумин	5	Моеъ + кристаллҳои қисмҳои таркибии якумин, дуюмин, сеюмин ва чорумин	Мувозинати нонвариантӣ

Ҳамин тавр дар системаи чоркомпонента кристаллизатсияи якумин дар ҳаҷм, дуюмин дар майдон, сеюмин дар хат ва чорумин дар нуқтаи нонвариантӣ амалӣ мешавад. Майдонҳои кристаллизатсияро одатан

сатҳҳои сарҳадӣ меноманд, чунки онҳо ҳаҷмҳои кристаллизатсияро маҳдуд (сарбаста) мекунанд. Ҳамин тавр хатҳои кристаллизатсияро хатҳои сарҳадӣ мегуянд, чунки он майдонҳоро маҳдуд мекунанд.

Дар расми 19 диаграммаи ҳолатии системаи чоркомпонентаи А-В-С-Д дар шакли тетраэдр нишон дода шудааст.



Расми 19. – Диаграммаи тетраэдри системаи чоркомпонентаи муқаррарӣ бо кристаллизатсияи компонентҳои ҳолис

Ифодаҳо дар диаграммаи сохташудаи рас. 19 чунин маъно доранд: e бо индексҳои $1-6$ – эвтоникаи системаҳои дукомпонента; E бо индексҳои $1-4$ – эвтоникаи системаҳои секомпонента; E бо индексҳои $1-4$ дар дохили тетраэдр ҷойгирбуда ифодаи эвтоникаи системаи чоркомпонента мебошад.

Таркиби маҳлулҳое, ки дар мувозинат бо фазаи сахти яке аз компонентҳои система мебошад дар қисми муайяни фазои дохили тетраэдр ҷойгир аст. Ин қисми фазо номи фазои (ё ҳаҷми) кристаллизатсияи якуминро дорад. Чунин ҳаҷмҳои кристаллизатсия чорто мебошанд (миқдори компонентҳои система) ва онҳо бо якдигар дар асоси сатҳҳои

(майдонҳои) кристаллизатсияи дуоимин пайвасти мебошанд. Агар нуқтаи фигуративии таркиби ғудохтаи гирифташуда дар мавзеи ҳаҷмии концентратсияи ин ё он компонент бошад, онгоҳ дар вақти хунук нумудани ғудохта якумин шуда ҳамон компоненте кристаллизатсия мешавад, ки нуқтаи фигуративиаш (қуллаи мухталифи тетраэдр) дар мавзеи ин ҳаҷми кристаллизатсия ҷойгир бошад.

Таркиби маҳлулҳое, ки дар мувозинат бо ду фазаи саҳти ду компоненти система ҳастанд ба майдонҳо таалук дошта, онҳоро майдонҳои кристаллизатсияи дуоимин меноманд. Дар вақти хунук намудани чунин маҳлулҳо якбора ду фазаи саҳти компонентҳои ғуногун таҳшин мешаванд. Дар диаграммаи системаи чоркомпонентаи А-В-С-Д шаш чунин майдонҳо мавҷуданд. Ишораҳои ин майдонҳо дар рас. 18 чунинанд: майдони кристаллизатсияи якҷояи А+В – $e_1E_1EE_4$; майдони кристаллизатсияи якҷояи А+С – $e_2E_4E_3$; майдони кристаллизатсияи якҷояи А+Д – $e_6E_1EE_3$; майдони кристаллизатсияи якҷояи В+С – $e_2E_4EE_2$; майдони кристаллизатсияи якҷояи В+Д – $e_4E_2EE_1$; майдони кристаллизатсияи якҷояи С+Д – $e_5E_2EE_3$. Ҳамин тавр майдонҳои кристаллизатсияи дуоимин аз нуқтаи эвтектики системаҳои дукомпонента мегузаранд. Ҳаммаи шаш майдони кристаллизатсия нуқтаи нонвариантии умумии Е – ро доранд.

Таркиби маҳлулҳое (ғудохтаҳое), ки онҳо хатҳои кристаллизатсияи сеюмин буда чорто мебошанд, ба онҳо чунин хатҳо мансубанд: хатти кристаллизатсияи якҷояи А+В+Д – EE_1 ; хатти кристаллизатсияи якҷояи В+С+Д – EE_2 ; хатти кристаллизатсияи якҷояи А+С+Д – EE_3 ва хатти кристаллизатсияи якҷояи А+В+С – EE_4 .

Нуқтаҳои E_1 , E_2 , E_3 ва E_4 – эвтектикаҳои сечандаи системаҳои секомпонентаи А-В-Д, В-С-Д ва А-С-Д мебошанд. Ҳамин тавр хатҳои кристаллизатсияи сечандаи системаҳои секомпонента мегузаранд. Ҳар як хатти кристаллизатсияи сеюмин – хатти буриши ду майдони кристаллизатсияи дучанда мебошад. Масалан, майдони кристаллизатсияи дучандаи компонентҳои А+В ($e_1E_1E_4$) бо майдони кристаллизатсияи

дучандаи компонентҳои В+С ($e_2E_2EE_4$) бурида мешаванд, ки дар ин хат (EE_4) компонентҳои А+В+С кристаллизатсия мешаванд.

Ба кристаллизатсияи якҷояи ҳамаи 4 фаза нуқтаи Е – ҳамчун нуқтаи эвтектикии системаи чоркомпонентаи А-В-С-Д мувофиқ меояд. Ба вай ғудохтае мувофиқ меояд, ки ҳарорати пастарини ғудозиш дорад. Дар ин нуқта ҳамаи хатҳои кристаллизатсияи сечанда, майдонҳои кристаллизатсияи якумини системаи А-В-С-Д вомерхуранд.

Ҳамин тавр, маҷмӯи элементҳои геометрии система, ки дар як нуқта бурида мешаванд, ситора номида шуда, ин нуқтаи умумӣ қуллаи ситора номида мешавад.

Акнун раванди кристаллизатсияро дар системаи чоркомпонентаи А-В-С-Д (расми 19) дида мебароем. Бигузор нуқтаи фигуративии ғудохтаи F аст, ки вай дар мевзеи ҳаҷми кристаллизатсияи компоненти А мебошад. Бо хунукшавии ғудохта дар ибтидо кристаллизатсияи компоненти А амалӣ мешавад. Ҳамзамон зиёдшавии концентратсияи дигар компонентҳои система (В, С ва Д) дар ғудохта ҷой дорад. Дар ин раванд нуқтаи фигуративии система ба хатти рости нуқтаи F ва қуллаи А – ро пайвастикунанда ҳаракат мекунад (аз А дур мешавад). Баъди чанд муддат нуқтаи фигуративии система ба майдони кристаллизатсияи дуюмини (нуқтаи G) мерасад. Вобаста ба мавқеи нуқтаи фигуративии F, ки дар кадом ҳаҷми кристаллизатсия ҷойгир аст, вай метавонад ба яке аз 4 сатҳҳои (майдонҳои) кристаллизатсияи $e_1E_1EE_4$, $e_3E_3EE_4$, $e_6E_1EE_3$, $e_5E_3EE_2$ расида гирад. Дар ҳолати муҳокимашаванда нуқта F дар мавқеи $e_6E_1EE_3$ ҷойгир мебошад. Дар ин майдон акнун фазаи моеъ натавонад бо фазаи А, балки бо фазаи Д низ сершуда мебошад. Бинобар ин хунуккунии минбаъда ба он меоварад, ки аз маҳлул (ғудохта) фазаҳои саҳти А+Д ба таҳшин мефароянд. Хунуккунии минбаъдаи ғудохта ба он меоварад, ки нуқтаи фигуративии омехтаи хатти FG ба самти нуқтаи G ҳаракат мекунад.

Ҳамин тавр нуқтаи фигуративии система яквақта дар ду сатҳ (майдон) ҷойгир мешавад: дар сатҳи кристаллизатсияи дуюмин $e_6E_1EE_3$ ва дар сатҳе, ки аз тетраэдр (АД) ва нуқтаи G мегузарад, яъне дар хатти

буриши онҳо (GH). Хунуккунии минбаъдаи гудохта ба он меоварад, ки нуқтаи фигуративии бо ин хат (GH) ҳаракат намуда, аз нуқтаи G дур мешавад. Дар охири ҳаракати нуқтаи фигуративӣ вай ба нуқтаи H мерасад, ки вай дар хатти E₃E ҷойгир аст, бинобар ин кристаллизатсияи сеюмин, бо чудошавии фазаҳои A+C+D, амалӣ мешавад. Акнун фазаи моеъ бо ин се фазаи сахт сершуда мебошад. Хунуккунии минбаъда ба кристаллизатсияи якҷояи се фаза (A+C+D) амалӣ шуда, нуқтаи фигуративии фазаи моеъ бошад бо хатти кристаллизатсияи сеюмини E₃E аз нуқтаи H ба самти нуқтаи E ҳаракат мекунад. Бо расидан ба нуқтаи E кристаллизатсияи чорумин ибтидо меёбад ва дар ин нуқта кристаллизатсияи якҷояи 4 фаза (A+B+C+D) амалӣ мешавад. Мувозинат дар ин нуқта нонварианти мебошад, яъне дар мувозинат 5 фаза мебошад (маҳлул бо 4 фазаи сахти компонентҳои A-B-C-D). Дар ин нуқта ҳарорат ва таркиби фазаи моеъ (гудохта) доимӣ мемонад. Фазаҳои сахти дар ин нуқта чудошаванда миқдоран ба концентратсияи онҳо дар маҳлули ибтидои баробар аст. Дар ин нуқта сахтшавии пурраи омехтаи гирифташуда амалӣ мешавад.

Барои тасдиқи таҷрибавии маълумот дар бораи фазаҳосилшавӣ дар нуқтаҳои нонвариантии системаи таҳқиқшаванда, ки бо усули транслатсия ба даст оварда шудаанд, ҳалшавандагӣ дар баъзе системаҳои чоркомпонента, аз ҷумла дар системаи иони умумидори Na⁺, Ca²⁺, Al³⁺ || SO₄²⁻ - H₂O дар 273 K ва системаи муовизаи Na⁺, Ca²⁺ || SO₄²⁻, HCO₃⁻ - H₂O дар 273 ва 298K омӯхта шуд, ки натиҷаҳои омӯзиши системаи чоркомпонентаи муовиза дар боби сеюм баррасӣ гардидааст.

Системаи химиявии Na⁺, Ca²⁺, Al³⁺ || SO₄²⁻ - H₂O қисми таркибии системаи шашкомпонентаи мураккабтари Na⁺, Ca²⁺, Al³⁺ || SO₄²⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻ - H₂O мебошад.

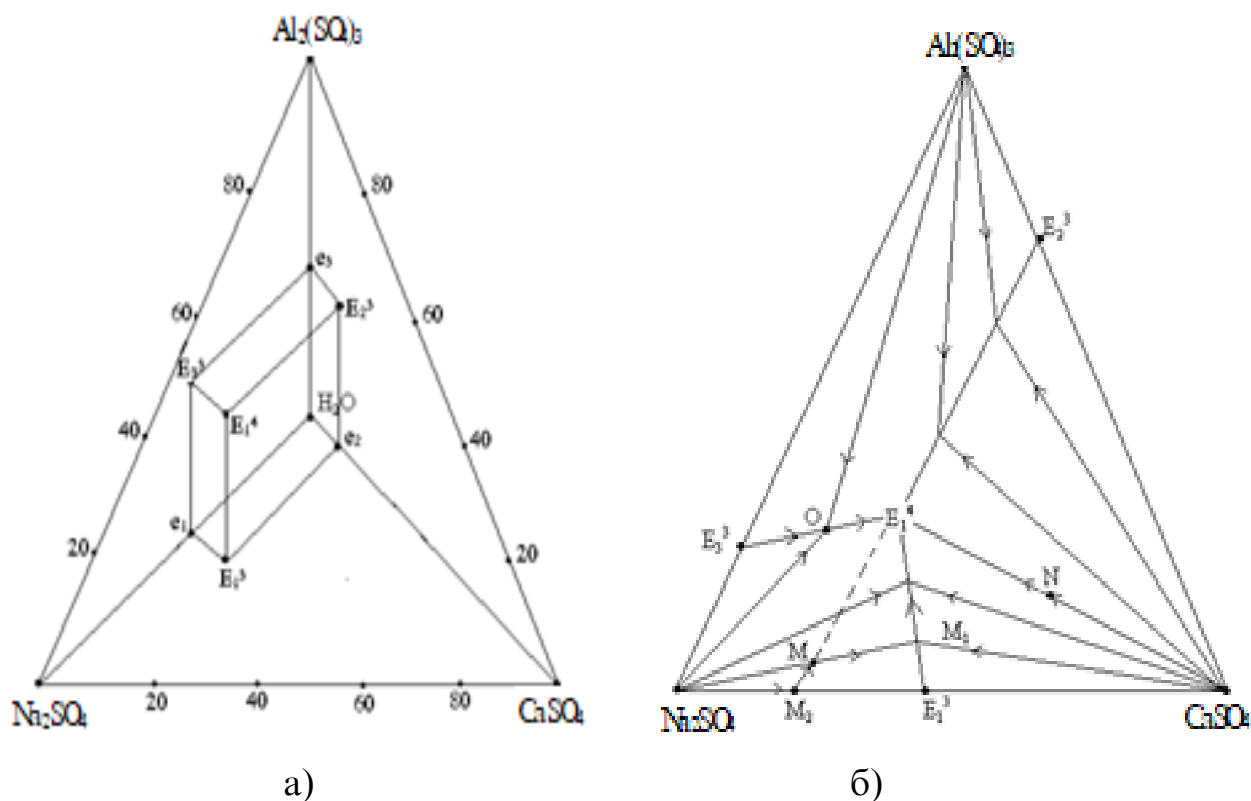
Фазаҳои сахти мувозинатии системаи таҳқиқшаванда дар ҳарорати 273 K инҳо мебошанд: Na₂SO₄·10H₂O – мирабилит (Mib); CaSO₄·2H₂O – Гипс (Gr); NaHCO₃ – нахколит (Nh); Al₂(SO₄)₃·18H₂O – октадекагидрат сулфати алюминий (Al·18). Дар таҷриба чунин реактивҳо истифода бурда

шудаанд: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (т); $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – Гипс (т); NaHCO_3 (т); $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ (т).

Натиҷаҳои омӯзиши комплекси фазагӣ ва ҳалшавандагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O дар изотермаи 273 К бо истифодаи усулҳои транслятсия [93] ва массентрӣ [12] чиҳати пажӯҳиш ва муайян намудани параметрҳои консентратсиявии координатаи элементҳои геометрӣ ва таносуби майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои саҳти мувозинатии индивидуалӣ муҳокима шудаанд. Қаблан бо усулҳои транслятсия фазаҳосилшавии системаи бисёркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , ки системаи таҳқиқотии Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O яке аз зерсистемаи чоркомпонентаи системаи панҷкомпонента мебошад, дар изотермаи 273 К омӯхта шуда, диаграммаи комплекси фазагии он сохта шудааст [93].

Баъдан бо истифода аз проексияҳои ортогоналӣ ва перспективӣ, ки аз қорҳои қаблии мутахассисон бо пуррагӣ фарқ дорад, диаграммаи фазаҳосилшавӣ дар асоси тетраэдри намакии таркиб сохташуда, дар расми 19 инъикос гардидааст. Проексияи ортогоналии фазаҳосилшавӣ ишораҳои зеринро фаро мегирад: e_1 – нуқтаи якум бо таркиби маҳлули моносершудаи Na_2SO_4 , e_2 – нуқтаи дуюм бо таркиби маҳлули моносершудаи CaSO_4 , e_3 – проексияи нуқтаи сеюм бо таркиби маҳлули моносершудаи $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; E_1^3 – E_1^4 хаттҳои моновариантии аввал нисбат бар фазаҳои мувозинатии $\text{Mb} + \text{Gr}$, E_2^3 – E_1^4 хати мувозинати моновариантии дуюм нисбат бар фазаҳои $\text{Gr} + \text{Al} \cdot 18$ ва E_3^3 – E_1^4 – проексияи хати моновариантии сеюм нисбат ба фазаҳои мирабилит ва октадекагидрати сульфати алюминий; e_1 – E_1^3 – E_1^4 – E_3^3 – e_1 – майдони дивариантии кристаллизатсияи фазаи Mb ; e_2 – E_1^3 – E_1^4 – E_2^3 – e_2 – майдони дивариантии кристаллизатсияи фазаи Gr ; e_3 – E_3^3 – E_1^4 – E_2^3 – e_3 – майдони дивариантии кристаллизатсияи фазаи $\text{Al} \cdot 18$; E_1^4 – нуқтаи нонвариантии таркиби маҳлули мувозинатие, мебошад, ки дар он фазаҳои $\text{Mb} + \text{Gr} + \text{Al} \cdot 18$ якҷоя дар мувозинат мебошанд.

Об (H_2O) ҳалкунандаи холиси системаи таҳқиқшаванда буда, тавсифи проексияи перспективӣ аз нуқтаи дар асоси пирамидаи таркибии он асоснок гардида, дар расми 20 (б) сохтори диаграмма бо проексияи марказӣ аз қуллаи ба ҳалкунанда мувофиқ инъикоси худро ёфтааст. Дар асоси диаграммаи мазкур (рас. 20 (б)) схемаи принципалии технологӣ тартиб дода шудааст.

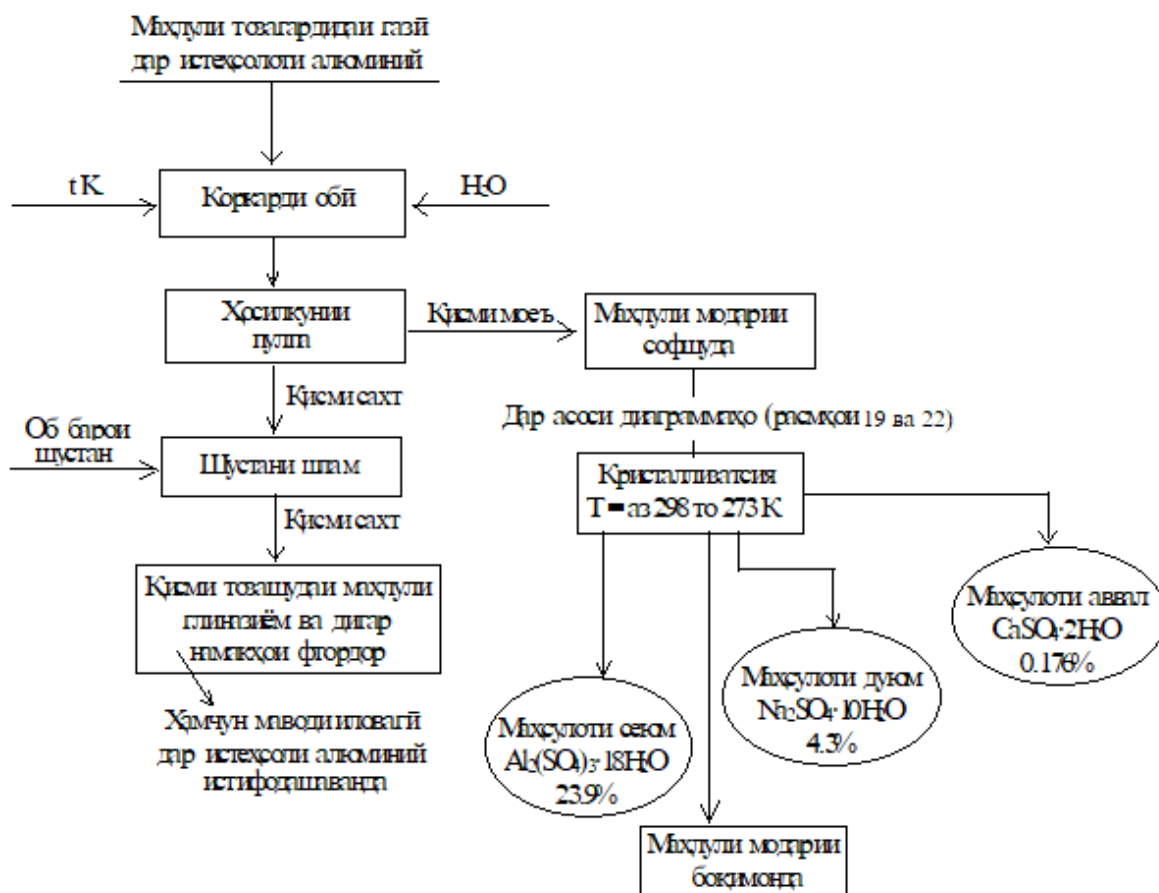


Расми 20. – Диаграммаҳои комплекси фазагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} || SO_4^{2-} - H_2O$ дар ҳаротати 273 К, ибo усули транслятсия сохта шудаанд:

а) проексияи ортогоналӣ; б) проексияи перспективӣ

Чуноне, ки қайд намудем схемаи принципалии технологӣ кристаллизатсияи моддаҳои химиявӣ аз партовҳои моеъи саноатии истехсоли алюминий дар асоси диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} || SO_4^{2-} - H_2O$, ки бо усули универсиалии транслятсия сохта шудааст, барои майдонҳо, хатҳо ва нуқтаҳо коркард карда шуда, дар расми 21 оварда шудааст. Мувофиқ ба он ифода гардидааст, ки дар майдонҳои дивариантӣ – як фаза, дар хатҳои моновариантӣ – ду фаза ва дар нуқтаҳои нонвариантӣ – се фаза дар мувозинат буда, зимни коркард дар шаклҳои

номбуда моддаҳо зина ба зина мувофиқи ҳалшавандагӣ ва миқдори мавҷудият дар таркиби партовҳои моеъи саноатӣ ҳосил мешаванд.



Расми 21. – Схемаи принципаии технологияи раванди кристаллизатсияи фазаҳои саҳти алоҳида дар системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O

Бо сабаби ҳалшавандагии сулфати калтсий нисбат ба дигар компонентҳо дар системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O кам мебошад, чунин амал аввал ба майдони кристаллизатсияи CaSO_4 ($\text{CaSO}_4\text{E}_1^3\text{E}_1^4\text{E}_2^3\text{CaSO}_4$) рост меояд. Яъне, аввал майдони кристаллизатсияи CaSO_4 ҳосил шуда, гипси холис чундо мешавад. Дар ин вақт нуқтаи тасвирии маҳлул дар хати рости CaSO_4 М аз M_1 мегузарад. Таркиби фаза дар нуқтаи сулфати натрий ҷойгир аст.

Баъдан вобаста ба ҳалшавандагӣ зимни бухоршавии изотермикӣ ҷудошавии сулфати натрий оғоз мегардад. Майдони кристаллизатсияи компоненти Na_2SO_4 ($\text{Na}_2\text{SO}_4\text{E}_1^3\text{E}_1^4\text{E}_3^3\text{Na}_2\text{SO}_4$) мебошад. Яъне кристаллизатсияи баъдина ба майдони сулфати натрий ба майдони дивариантии Na_2SO_4 рост меояд.

Пайдарпайии минбаъдаи таҳшиншавӣ дар натиҷаи бухоршавии изотермикӣ дар ҳолати маҳлули аввала дар гирехҳои $\text{CaSO}_4\text{E}_1^4$, $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{E}_1^4$ ва $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{E}_1^4$ (нуқтаи N) ба мушоҳида мерасад. Дар ин ҳолат пас аз кристаллизатсияи ибтидоӣ дарҳол кристаллизатсияи дигари маҳлули эвтоникӣ оғоз гардида, таркиби он дар хатти рости $\text{CaSO}_4\text{E}_1^4$ аз нуқтаи CaSO_4 то N тағйир меёбад.

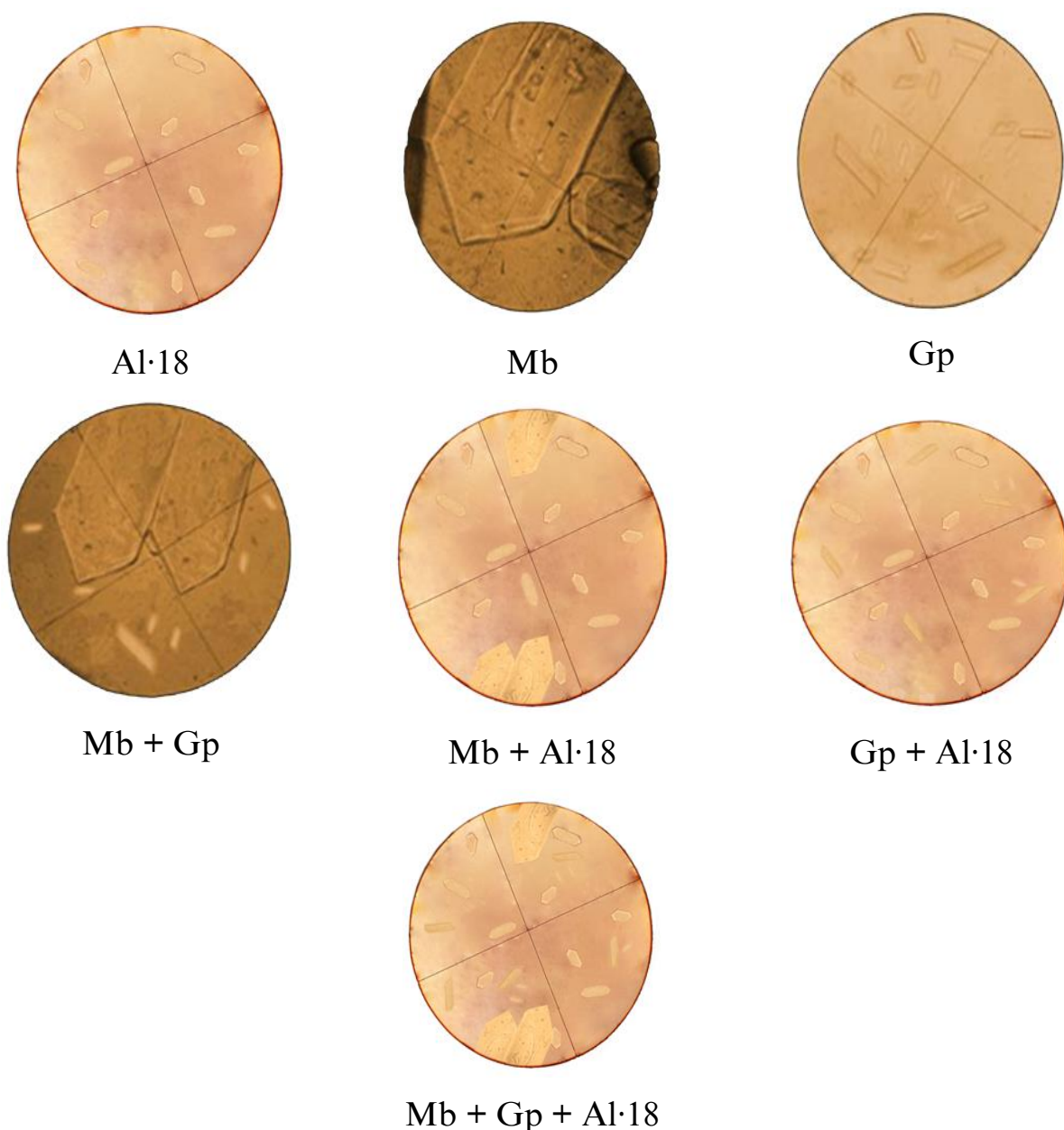
Кристаллизатсияи зинаи дигари маҳлул, ки дар системаи химиявии Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар мувозинати хатҳои моновариантии ду фаза (фазаи моеъ ва фазаи сахт) ҷойгир шудаанд, амалӣ мегарданд. Чунин пайдарпайи E_1^3E_1^4 , E_2^3E_1^4 ва E_3^3E_1^4 дар нуқтаи O ба амал меояд. Дар ин маврид кристаллизатсия фавран бо ҷудо шудани ду фазаи сахт оғоз мешавад.

Маълум аст, ки дар нуқтаи нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ (E_1^4) се фазаи сахт ва як фазаи моеъ дар мувозинат мебошанд. Бинобар ин роҳи ҷоруми кристаллзатсия дар маҳлули эвтоникӣ системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ барои нуқтаи нонвариантии E_1^4 хос мебошад. Дар чунин маврид кристаллизатсияи майдон ва хатҳо вучуд надорад. Таҳшиншавӣ танҳо дар нуқтаи сечанда ба амал меояд. Таркиби маҳлул ба таркиби фаза то сахтшавии пурра дар нуқтаи нонвариантии E_1^4 қарор мегирад. Таҷрибаҳо аз рӯи усули тосеркунӣ [105-106] гузаронида шуданд.

Дар асоси диаграммаи комплекси фазагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ қаблан омехтаҳои таҳшинҳоро бо маҳлулҳои сер, ки ба нуқтаҳои нонвариантии мувофиқанд ва системаҳои секомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$, ки системаи чоркомпонентаро ташкил медиҳанд, дар ҳарорати 273 К омода намудем. Сипас, онро бо омехтакунии то ба даст овардани мувозинат термостат намудем.

Назорати ҳароратро дар муҳити система, ки аз муҳимтаринҳо ба шумор меравад тавассути оби ҳолати агрегатии сахт (ях) амалӣ намудем. Омезиши моддаҳо бо истифода аз омехтакунаки магнитии PD -09 дар

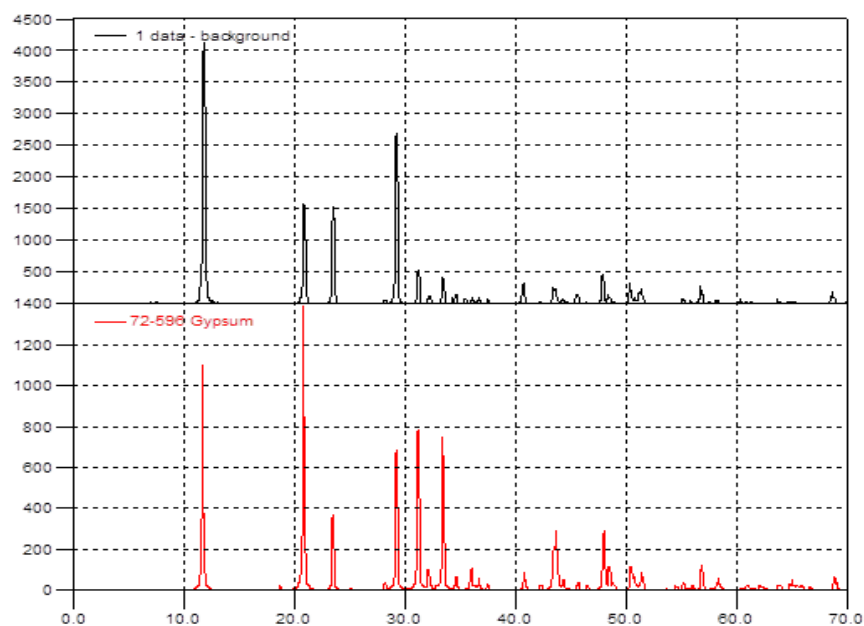
давоми 50-100 соат гузаронида шуд. Дар натиҷаи таҳлили кристаллооптикӣ [107-111] кристаллизатсияи фазаҳои сахтро тавассути микроскопи “POLAM- P 311” мушоҳида гардид. Сонӣ, ҳолати мувозинатии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ – ро бо аксбардори тамғаи «SONY Alpha ILCE-7M3 body» аксгирӣ намудем. Микрофотографияи онҳоро дар расми 22 овардем.



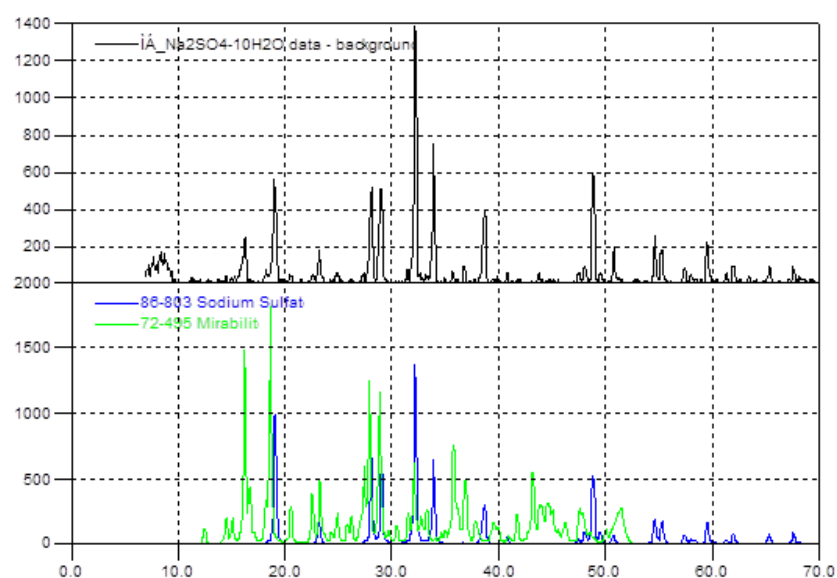
Расми 22. – Микроаксҳои фазаҳои сахти мувозинатии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

Ҷудокунии фазаҳои моеъро аз сахт бо истифода аз насоси вакумӣ иҷро гардид. Софкунӣ бошад, тавассути қоғази филтри хушкшуда (лентаи

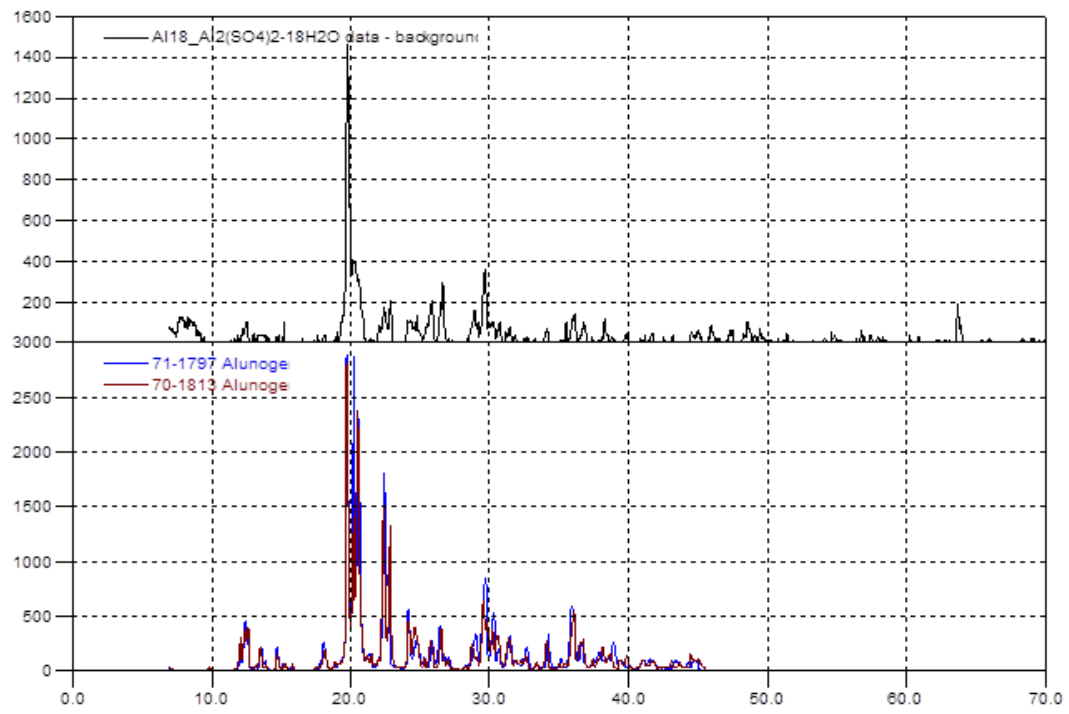
кабуд) дар кифи Бюхнер анҷом дода шуд. Пас аз филтратсияи маҳлул, фазаи сахтро бо спирти этилии 96% шуста, дар ҳарорати 120 °C хушк карда шуд. Фазаи саҳти ҳосилшудаи майдонҳо, хатҳо ва нуқтаҳоро таҳлили рентгенофазавӣ [112-115] намудем, ки дифрактограммаи он барои шаклҳои геометрии алоҳида (майдонҳои дивариантӣ, хатҳои моновариантӣ ва нуқтаҳои нонвариантӣ) дар расми 23 оварда шудааст.



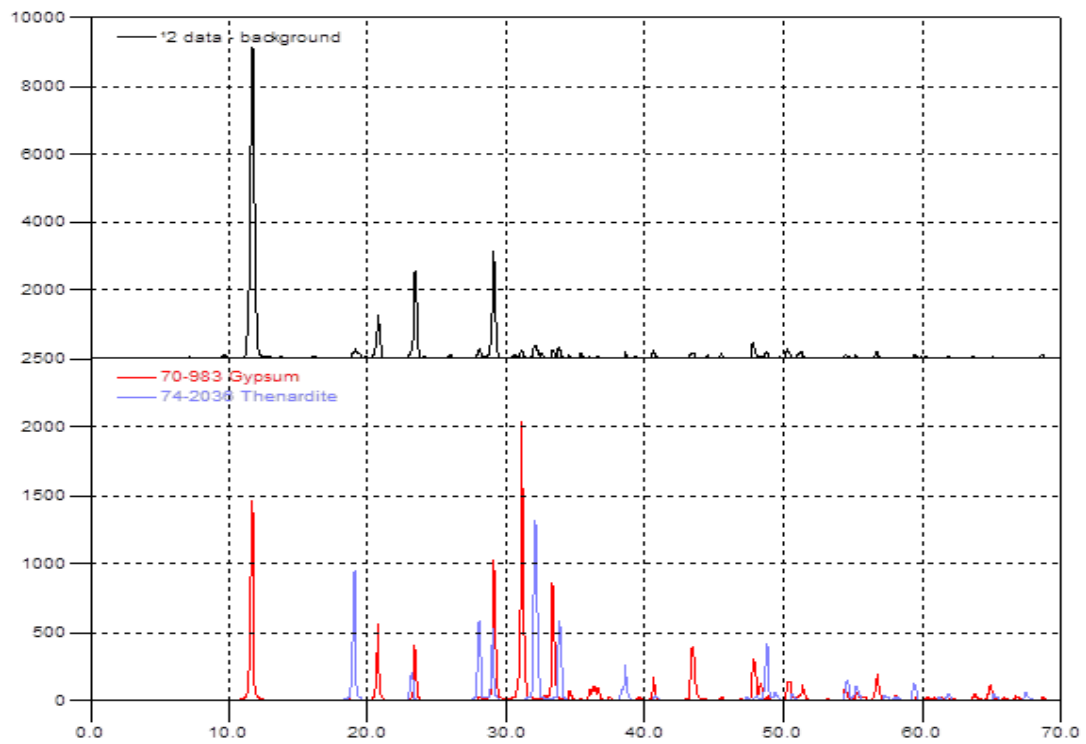
Gp



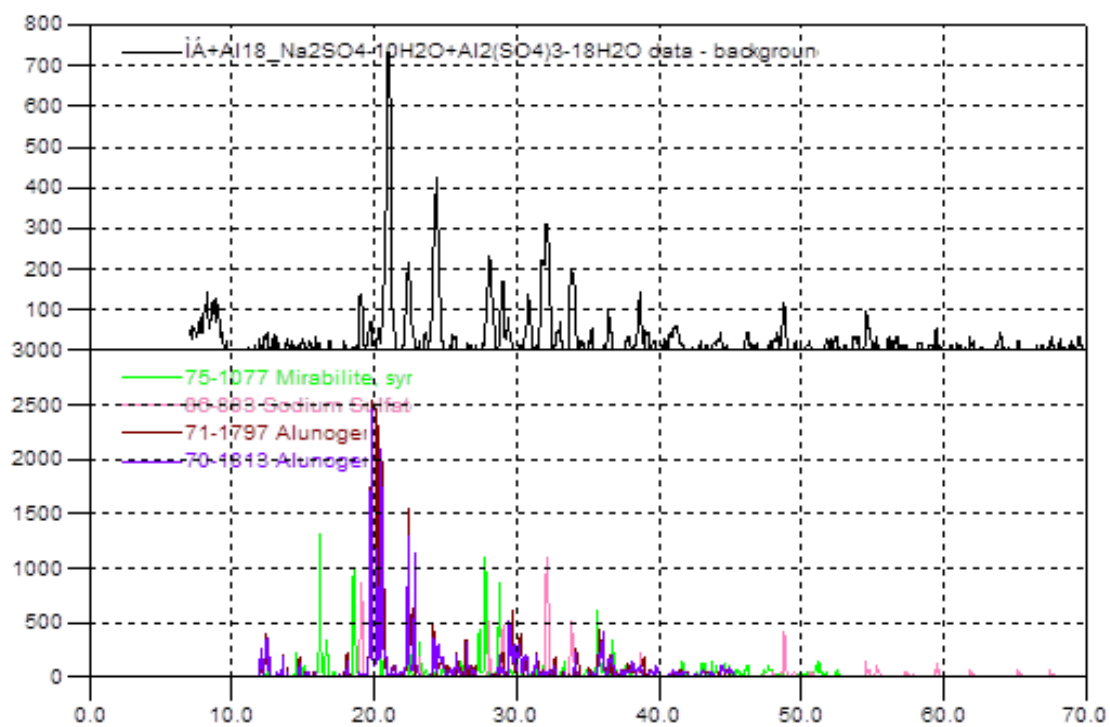
Mb



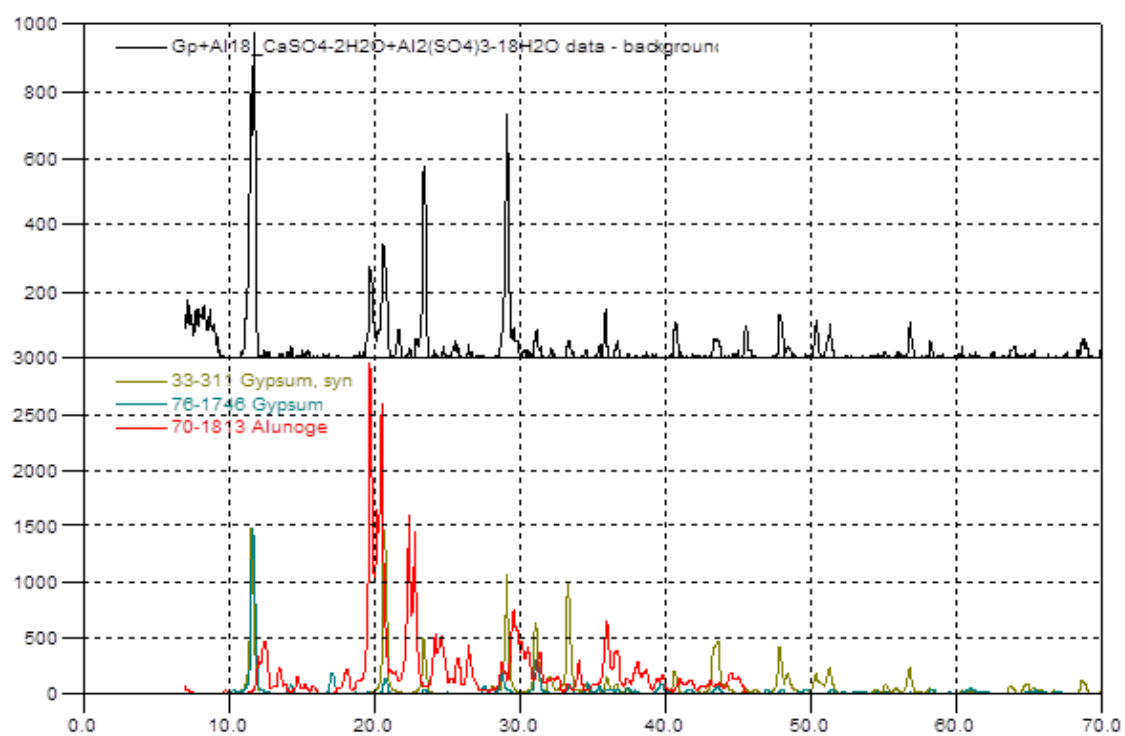
Al·18



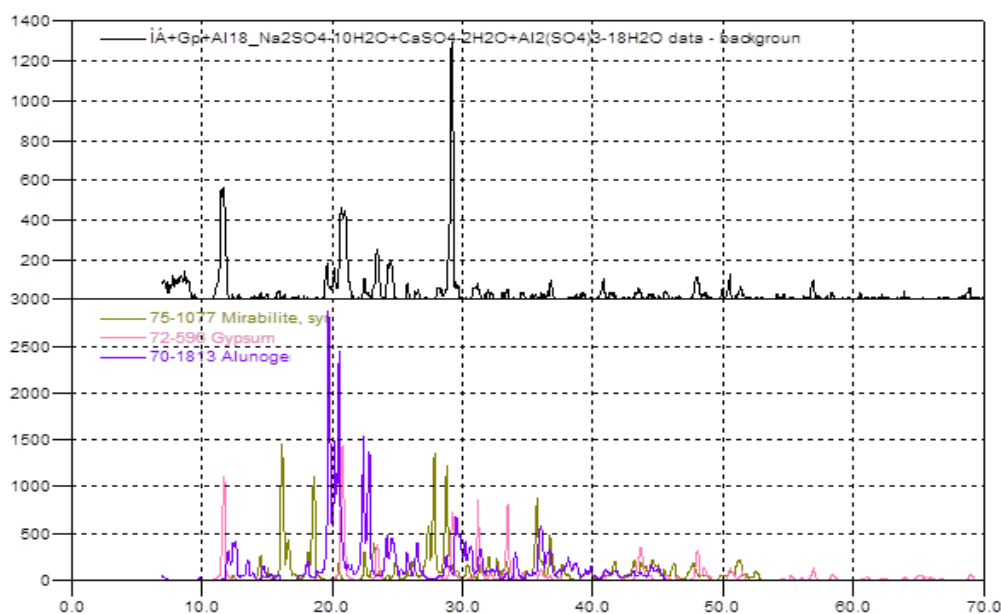
Mb + Gp



$\text{Mb} + \text{Al}\cdot 18$



$\text{Al}\cdot 18 + \text{Gp}$



Al·18 + Mb + Gp

Расми 23. – Дифрактограммаи фазаҳои сахти мувозинати

элементҳои геометрии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар 273 К

Бари муайянкунии таркиб маҳлули моеъи системаи таҳқиқотӣ таҳлили химиявӣ [116-123] карда шуд. Натиҷаи таҳлили химиявӣ дар ҷадвали 19 оварда шуда, нишондиҳандаҳои ҳалшавандагӣ барои нуқтаҳои e_1 - e_3 ва $E_1^3 - E_5^3$ аз [8,9] гирифта шудаанд.

Ҷадвали 19. – Ҳалшавандагии дар системаи чоркомпонентаи

Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар 273 К

№ нуқтаҳо	Таркиби фазаи моеъ, мас.%				Таркиби фазавии таҳшинҳо
	Na_2SO_4	CaSO_4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	H_2O	
e_1	4.30	-	-	95.700	Mb
e_2	-	0.176	-	99.824	Gp
e_3	-	-	23.90	76.100	Al·18
E_1^3	4.34	0.196	-	95.464	Mb + Gp
E_2^3	-	0.210	19.93	79.860	Gp + Al·18
E_3^3	5.21	-	25.16	69.630	Mb + Al·18
E_1^4	4.48	0.187	24.45	70.883	Mb + Gp + Al·18

Дар асоси маълумоти зимни таҳқиқот ноилгардидамон, маротибаи аввал диаграммаи ҳалшавандагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К сохта шуда, дар расми 24 оварда шудааст. Мавқеҳои нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентӣ (E_n^3) ва чоркомпонентӣ (E_n^4), ки дар он n – рақами тартибии нуқта мебошад, дар диаграмма бо усули массентрӣ [12] муайян шудааст.

$$e_1 = \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O} \quad e_1(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{4,30 \cdot 100}{4,30 + (95,70:5)} = \frac{430}{23,44} = 18,34 \text{ мм}$$

$\underbrace{4,30 + 95,70}_{100\%}$

$$e_2 = \text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O} \quad e_2(\text{CaSO}_4) = \frac{0,176 \cdot 100}{0,176 + (99,824:5)} = \frac{17,6}{20,140} = 0,87 \text{ мм}$$

$\underbrace{0,176 + 99,824}_{100\%}$

$$e_3 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{H}_2\text{O} \quad e_3(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{23,9 \cdot 100}{23,9 + (76,1:5)} = \frac{2390}{39,12} = 61,94 \text{ мм}$$

$\underbrace{23,9 + 76,1}_{100\%}$

$$\text{E}_1^3 \quad \begin{array}{ccc} \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O} & & \\ 4,34 & 0,196 & 95,464 \\ \underbrace{\hspace{10em}}_{100\%} & & \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{4,34 \cdot 100}{4,536} = 95,67 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{19,0 \cdot 97}{23,62} = 78 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 4,34 \\ \text{CaSO}_4 = 0,196 \end{array} \right\} 4,536$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{H}_2\text{O} = 95,464:5 = 19 \end{array} \right\} 23,62$$

$$\text{E}_2^3 \quad \begin{array}{ccc} \text{CaSO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{H}_2\text{O} & & \\ 0,210 & 19,93 & 79,860 \\ \underbrace{\hspace{10em}}_{100\%} & & \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{CaSO}_4) = \frac{0,210 \cdot 100}{20,14} = 1,02 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{15,972 \cdot 167}{36,112} = 73,86 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{CaSO}_4 = 0,210 \\ \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 19,93 \end{array} \right\} 20,14$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{H}_2\text{O} = 79,860:5 = 15,972 \end{array} \right\} 36,112$$

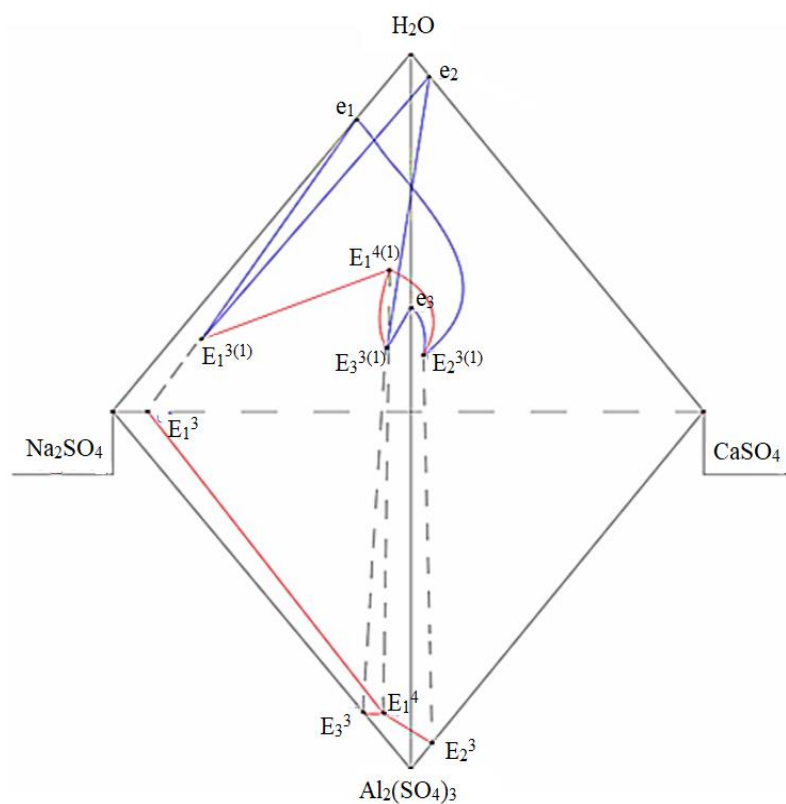
$$E_3^3 \quad \begin{array}{ccc} \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{H}_2\text{O} \\ 5,21 \quad 25,16 \quad 69,630 \\ \underbrace{\hspace{10em}}_{100\%} \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{5,21 \cdot 100}{30,37} = 17,15 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{13,926 \cdot 158}{44,296} = 71,1 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 5,21 \\ \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 25,16 \end{array} \right\} 30,37 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{H}_2\text{O} = 69,63:5 = 13,926 \end{array} \right\} 44,296$$

$$E_1^4 \quad \begin{array}{cccc} \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{CaSO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{H}_2\text{O} \\ 4,48 \quad 0,187 \quad 24,45 \quad 70,883 \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{4,48 \cdot 100}{4,667} = 95,999 \\ l(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{24,45 \cdot 97}{29,117} = 81,45 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{14,176 \cdot 158}{43,29} = 51,73 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 4,48 \\ \text{CaSO}_4 = 0,187 \end{array} \right\} 4,667 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 24,45 \end{array} \right\} 29,117 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{H}_2\text{O} = 70,883:5 = 14,176 \end{array} \right\} 43,29$$

Дар қорҳои қаблии мо [124-125] бо истифода аз проексияи ортогоналӣ ва проексияи перспективӣ системаи $3\text{Ca}^{2+} - \text{SO}_4^{2-} - \text{CO}_3^{2-} - 2\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар фосилаи изотермаҳои $0-75^\circ\text{C}$ омӯхта шудааст.



Расми 24. – Системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$, диаграммаи ҳолатии он

Дар расми 24 диаграммаи ҳалшавандагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К оварда шуда. Он координатаҳои нисбӣ ва андозаи нисбии майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои мувозинатии мувофиқро инъикос мекунад. Тавсифи мундариҷаи тасвирҳои геометрӣ (майдонҳо, хатҳо, нуктаҳо)-и расми 24 дар ҷадвали 20 оварда шудаанд.

Ҷадвали 20. – Тавсифи шаклҳои геометрии диаграммаи ҳалшавандагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К

Ишораҳои шаклҳои геометрӣ	Шарҳи аломатҳо (рас. 22)
e_1	Ҳалшавандагии Na_2SO_4 дар H_2O
e_2	Ҳалшавандагии CaSO_4 дар H_2O
e_3	Ҳалшавандагии $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ дар H_2O
E_1^3	Нуктаи кристаллизатсияи муштаракӣ Mb+Gr дар системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
E_2^3	Нуктаи кристаллизатсияи муштаракӣ Mb+Al·18 дар системаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
E_3^3	Нуктаи кристаллизатсияи муштаракӣ Gr+Al·18 дар системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
E_1^4	Нуктаи кристаллизатсияи муштаракӣ Mb+Gr+Al·18 дар системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
$E_1^3 - E_1^4$	Хати кристаллизатсияи муштаракӣ Mb + Gr дар системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
$E_2^3 - E_1^4$	Хати кристаллизатсияи муштаракӣ Mb + Al·18 дар системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
$E_3^3 - E_1^4$	Хати кристаллизатсияи муштаракӣ Gr + Al·18 дар системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
$E_1^3\text{Na}_2\text{SO}_4E_3^3E_1^4E_1^3$	Майдони кристаллизатсия Mb
$E_2^3\text{CaSO}_4E_1^3E_1^4E_2^3$	Майдони кристаллизатсия Gr

	Давоми ҷадвали 20
1	2
$E_3^3 Al_2(SO_4)_3 E_2^3 E_1^4 E_3^3$	Майдони кристаллизатсияи Al·18
(I)	Элементҳои геометрии система дар қисми обии диаграмма

Ҳамин тавр, натиҷаҳои омӯзиши фазаҳосилшавӣ ва ҳалшавандагӣ дар системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-} - H_2O$ барои изотермаи 273 К ва сохтори диаграммаи он нишон медиҳад, ки майдони кристаллизатсияи Gr ($CaSO_4$), дар шароити додашуда қисми зиёди диаграммаро ишғол мекунад. Ин аз кам будани ҳалшавандагиаш мебошад. Консентратсияи фазавӣ дар ҳолатҳои моеъ зимни кристаллизатсияи алоҳида барои майдон ва кристаллизатсияи якҷоя барои хатҳо ва нуқтаҳо муқаррар карда шудааст. Ҳамзамон қимматҳои ноилгардидаи таҳқиқоти илмӣ тавассути усулҳои кристаллооптикӣ, рентгенофазавӣ ва химиявии таҳлил тасдиқ гардидааст. Натиҷаи мазкурро дар регенератсияи партовҳои моеъи саноати истехсоли алюминий, ки дорои сульфатҳои натрий, калтсий ва алюминий мебошанд, истифода намудан мумкин аст.

2.8. Ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии системаи Na^+ , $Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}$, $HCO_3^- - H_2O$ барои ҳарорати 273 К

Чи тавре ки дар боби аввали қайд карда шуд, вобаста ба системаи таҳқиқишавандаи мазкур оиди ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии он маълумот вучуд надорад ва онро дар [91-92] мушоҳида намудан мумкин аст. Ҳамзамон, дар қатори системаҳои чоркомпонентаи системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, $HCO_3^- - H_2O$ – ро ташкунанда, системаи Na^+ , $Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}$, $HCO_3^- - H_2O$ мавқеи махсусро ишғол мекунад. Маълумотҳои ҳалшавандагӣ ва фазаҳосилшавии дар он ҷой дошта на танҳо аҳамияти назариявӣ, балки аҳамияти амалии калон дорад. Зеро ин

маълумотҳо ба утилизатсияи партовҳои моеъи корхонаи алюминий алоқаманд аст, муҳим ва зарур ба шумор меравад.

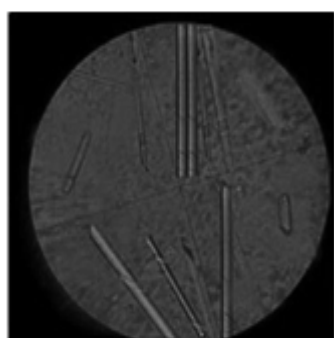
Дар зербоби 2.5 фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O барои ҳароратҳои 273 К бо ёрии усули транслятсия муҳокима шудааст. Дар қисми мазкури кори диссертатсионӣ натиҷаҳои ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантие, ки бо ёрии усули транслятсия ёфта шудаанд, муҳокима шудаанд.

Қисмҳои таркибии системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O сулфатҳои натрий ва калтсий, инчунин гидрокарбонатҳои натрий ва калсий мебошанд, ки дар ҳарорати 273 К ба намуди $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gr); $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (CaH); $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (Mib) ва NaHCO_3 (Nh) кристаллизатсия мешаванд.

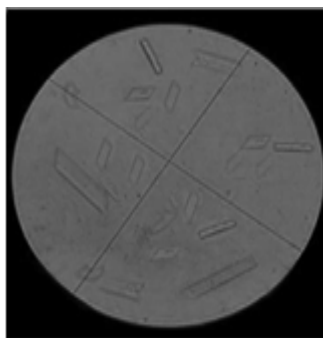
Барои тариқи эксперименталӣ таҳқиқи ҳалшавандагӣ дар элементҳои геомертии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ки бо усули транслятсия сохта будем реагентҳои зеринро истифода намудем: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (т); $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (т); $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (т) ва NaHCO_3 (т).

Таҷрибаҳо дар маҳлулҳои моделӣ гузаронида шуданд ва ба талаботҳои усули транслятсия дар системаҳои чоркомпонента мувофиқат мекунанд. Ҳарорати омехтаро бо ёрии оби ҳолати агрегатиаи сахт (ях) доимӣ нигоҳ дошта, бо ёрии омехтакунаки PD – 09 то ба мувозинат омадани маҳлул омехта намудем. Кристаллҳои фазаҳои саҳти ба мувозинатомадаро бо ёрии микроскопи тамғаи «ПОЛАМ – Р 311» мушоҳида намуда, бо ёрии аксбардори «SONY Alpha ILCE-7M3 body» аксгирӣ намудем. Баъди ба даст омадани ҳолати мувозинатии (таркиби доимии таҳшинии кристаллизатсияшуда) фазаи сахт аз маҳлули сершуда бо филтронӣ дар қифи Бюхнер дар зери вакуум бо шустани минбаъдаи он бо спирти этилии 96% ҷудо карда шуд. Пеш аз таҳлил он дар ҷевони хушккунак дар ҳарорати 120 °С хушконида шуд. Таҳлили химиявии фазаи моеъро бо методикаҳои маълуме, ки дар корҳои [116-123] оварда шудааст ва таҳлили кристаллооптикий вайро мувофиқи адабиёти [107-111] таҳлил

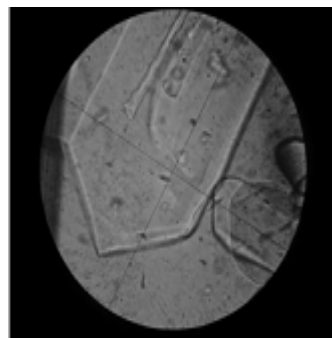
намудем. Натиҷаҳои таҳлили кристаллооптикийи системаи чоркомпонентаи муовизаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар расми 25 оварда шудааст.



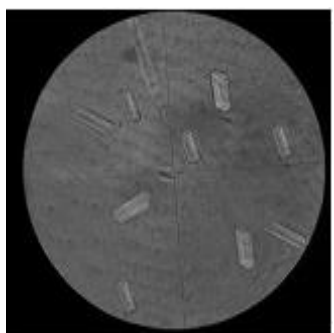
CaH



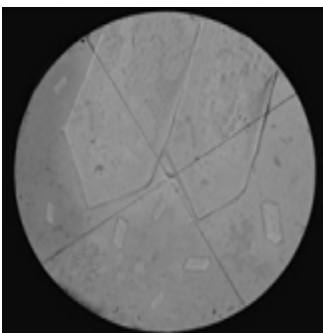
Gp



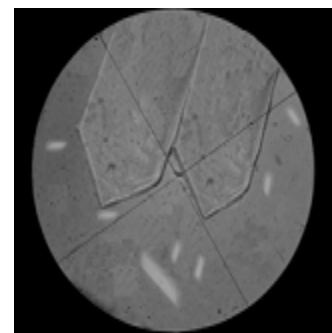
Mib



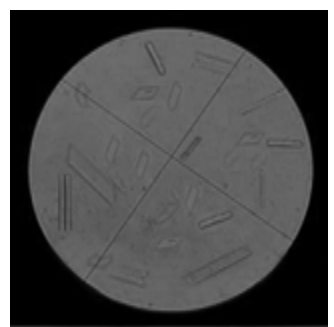
Nh



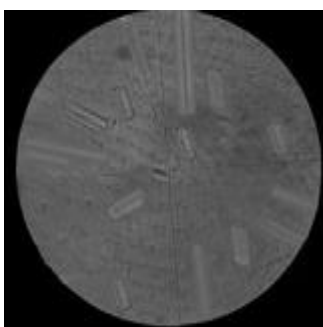
Mib + Nh



Gp + Mib



Gp + CaH



CaG + Nh



Gp + Mib + Nh



Nh + CaH + Gp

Расми 25. – Микроаксҳои фазаҳои саҳти мувозинатии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар 273 К

Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аз чунин зерсистемаҳои секомпонента иборат аст: Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O ; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O ; $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ва $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O . Диаграммаи фазаҳосилшавии системаи чоркомпонентаи таҳқиқшаванда аввалин маротиба аз тарафи мо бо ёрии усули транслятсия сохта шуда, инчунин дар корҳои [102] муҳокима шудаанд. Мувофиқи маълумотҳое, ки бо ёрии усули транслятсия бадастоварда шудааст, маълум гашт, ки дар системаи таҳқиқшаванда дар сатҳи секомпонентагӣ чор нуқтаҳои нонварианти ба сатҳи чоркомпонентагӣ транслятсия шуда, ду нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил мекунам (ниг. 2.5). Ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонварианти аз руи варианти 3-юми методика [74], ҳангоми байни компонентҳо вуҷуд надоштани баҳамтаъсиркунӣ дарҷ ёфтааст, таҳқиқ карда шудааст. Ҳамин тавр, барои муайян намудани ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонварианти мо маҳлуҳои мувозинатии нуқтаҳои нонвариантии E_1^3 , E_2^3 , E_3^3 ва E_4^3 – ро то ба мувозинат омадани фазаи саҳти мувозинатӣ омехта намудем.

Дар ҷадвали 21 маълумотҳо оиди ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ, ки аз адабиёти [89-90] ва дар сатҳи чоркомпонентагӣ, ки аз тарафи мо пешниҳод шудааст, оварда шудааст.

Ҷадвали 21. – Изотермаи ҳалшавандагии дар шаклҳои геометрии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар 273 К

№ нуқта	Таркиби фазаи моеъ, масса бо %					Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
	Na_2SO_4	NaHCO_3	CaSO_4	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	H_2O	
1	2	3	4	5	6	7
e_1	4.300	—	—	—	95.700	Mib
e_2	—	6.490	—	—	93.510	Nh
e_3	—	—	0.176	—	99.824	Gp
e_4	—	—	—	0.144	99.856	CaH
E_1^3	2.570	5.820	—	—	91.610	Mib + Nh

						Давоми ҷадвали 21
1	2	3	4	5	6	7
E ₂ ³	4.340	–	0.196	–	95.464	Mib + Gp
E ₃ ³	–	–	0.217	0.083	99.700	CaH + Gp
E ₄ ³	–	4.890	–	0.109	95.001	Nh + CaH
E ₁ ⁴	3.430	5.220	0.326	–	91.024	Mib + Nh + Gp
E ₂ ⁴	–	4.865	0.131	0.153	94.851	Nh + CaH + Gp

$$\frac{\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{4,300+95,700}_{100\%}} \quad l_1(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{4,300 \cdot 100}{4,300+(95,700:5)} = \frac{430}{23,44} = 18,344$$

$$\frac{\text{NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{6,490+93,510}_{100\%}} \quad l_2(\text{NaHCO}_3) = \frac{6,490 \cdot 100}{6,490+(93,510:5)} = \frac{640}{25,192} = 25,404$$

$$\frac{\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{0,176+99,824}_{100\%}} \quad l_3(\text{CaSO}_4) = \frac{0,176 \cdot 100}{0,176+(99,824:5)} = \frac{17,6}{20,140} = 0,873$$

$$\frac{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{0,144+99,856}_{100\%}} \quad l_4(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{0,144 \cdot 100}{0,144+(99,856:5)} = \frac{14,4}{20,115} = 0,715$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 2,570 \\ \text{NaHCO}_3 = 5,820 \\ \text{H}_2\text{O} = 91,610:5 = 18,322 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 8,390 \\ \\ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 \\ \text{NaHCO}_3 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array}} \right\} 26,717$$

$$l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{2,570 \cdot 100}{8,390} = \frac{257}{8,390} = 30,631$$

$$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18,322 \cdot 89}{26,717} = \frac{1630,658}{26,717} = 61,03$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 4,340 \\ \text{CaSO}_4 = 0,196 \\ \text{H}_2\text{O} = 95,464:5 = 19,0928 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 4,536 \\ \\ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 \\ \text{CaSO}_4 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array}} \right\} 23,6288$$

$$l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{4,340 \cdot 100}{4,536} = \frac{434}{4,536} = 95,679$$

$$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{19,0928 \cdot 104}{23,6288} = \frac{1985,65}{23,6288} = 84,035$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{CaSO}_4 = 0,217 \\ \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 0,083 \\ \text{H}_2\text{O} = 99,700:5 = 19,94 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0,3 \\ \\ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{CaSO}_4 \\ \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array}} \right\} 20,24$$

$$l(\text{CaSO}_4) = \frac{0,217 \cdot 100}{0,3} = \frac{21,7}{0,3} = 72,333$$

$$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{19,94 \cdot 187}{20,24} = \frac{3728,78}{20,24} = 184,22$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 = 4,890 \\ \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 0,109 \\ \text{H}_2\text{O} = 95,001:5 = 19,0002 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 4,999 \\ \\ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 \\ \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array}} \right\} 23,999$$

$$l(\text{NaHCO}_3) = \frac{4,890 \cdot 100}{4,999} = \frac{489}{4,999} = 97,819$$

$$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{19,0002 \cdot 103}{23,999} = \frac{1957,02}{23,999} = 81,545$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 3,430 \\ \text{NaHCO}_3 = 5,520 \\ \text{CaSO}_4 = 0,326 \\ \text{H}_2\text{O} = 91,024:5 = 18,204 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 8,95 \\ 9,276 \\ \\ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 \\ \text{NaHCO}_3 \\ \text{CaSO}_4 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array}} \right\} 27,480$$

$$l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{3,430 \cdot 100}{8,95} = \frac{343}{8,95} = 38,324$$

$$l(\text{CaSO}_4) = \frac{0,326 \cdot 100}{9,276} = \frac{32,6}{9,276} = 3,514$$

$$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18,204 \cdot 101}{27,480} = \frac{1838,604}{27,480} = 66,906$$

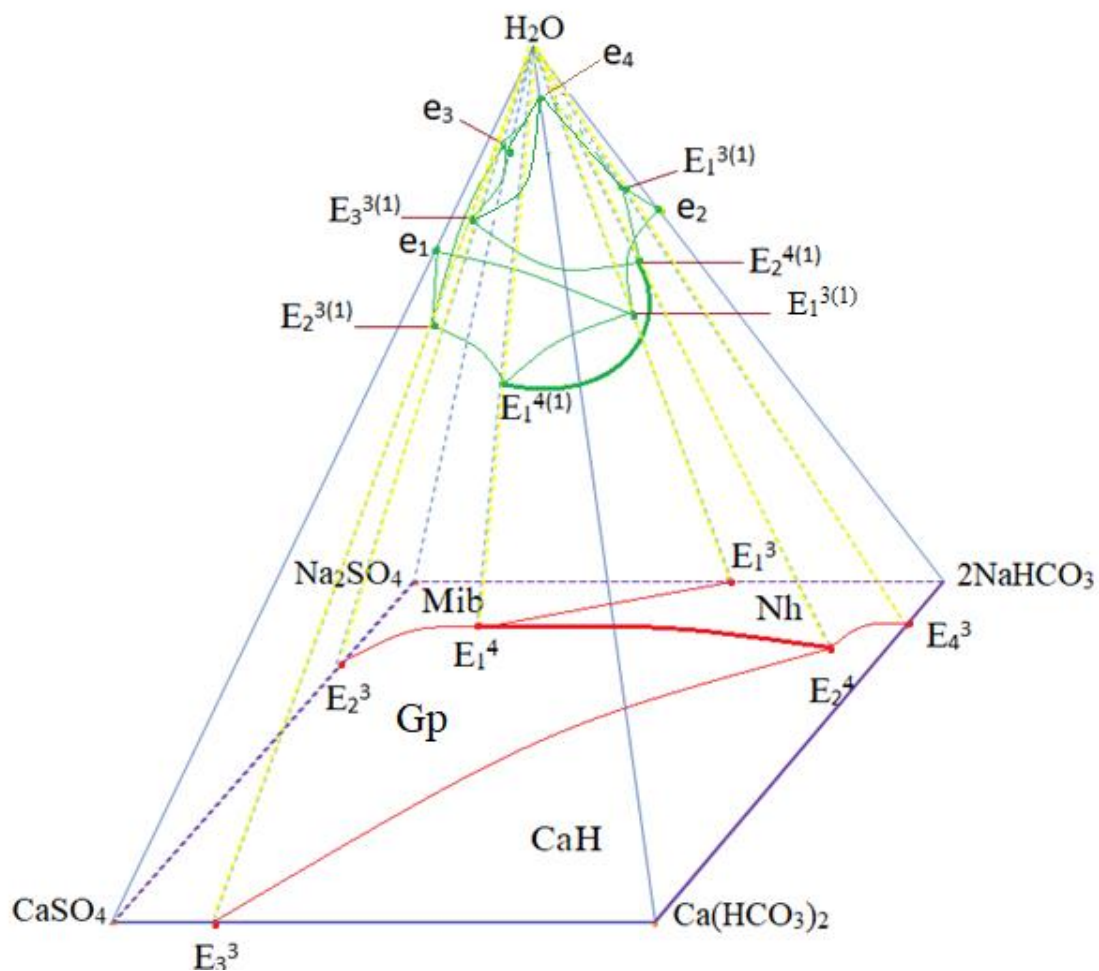
$$\left. \begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 = 4,865 \\ \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 0,153 \\ \text{CaSO}_4 = 0,131 \\ \text{H}_2\text{O} = 94,851:5 = 18,9702 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 5,018 \\ 5,149 \\ \\ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 \\ \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \\ \text{CaSO}_4 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array}} \right\} 24,119$$

$$l(\text{NaHCO}_3) = \frac{4,865 \cdot 100}{5,018} = \frac{486,5}{5,018} = 96,950$$

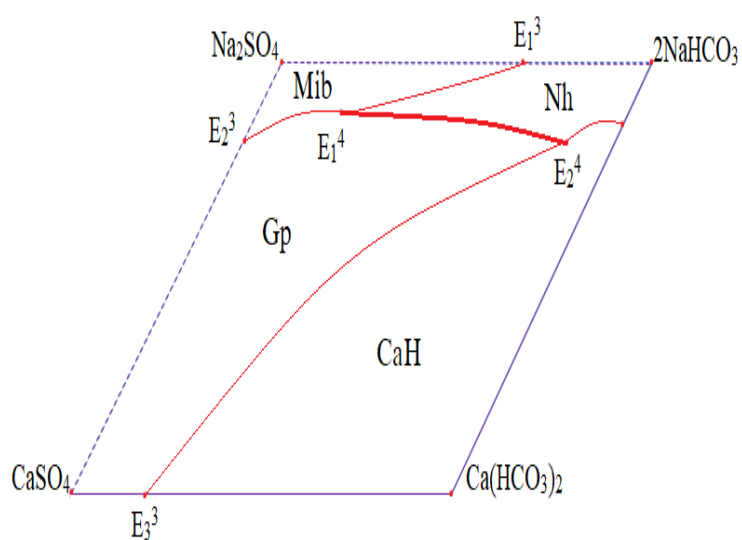
$$l(\text{CaSO}_4) = \frac{0,131 \cdot 100}{5,149} = \frac{13,1}{5,149} = 2,544$$

$$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18,9702 \cdot 104}{24,1192} = \frac{1972,90}{24,1192} = 81,797$$

Дар асоси маълумотҳои ҷадвали 21 аввалин маротиба диаграммаи ҳалшавандагии системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O барои ҳарорати 273 К сохта шуда [126]. Дар расми 26 а) қисми обӣ-намакӣ ва б) қисми намакии диаграммаи системаи мазкур пешниҳод карда шудааст.



a)



б)

Расми 26. – Системаи тартиби дуҷусти Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O .
 Диаграммаи ҳалшавандагӣ дар изотермаи 273 К: а) қисми обӣ-намакӣ; б)
 қисми намакӣ.

Таҳқиқи даиаграммаҳои ҳолатӣ (ҳалшавандагӣ) ин нуқтаи фигуративие, ки ба пайваستшавии остови координатӣ (тарафҳои чоркунча) ва омехтаи дохили диаграмма мувофиқ аст, ифода мекунад.

Чихеле ки аз расми 26 – и диаграммаи системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар изотермаи 273 К бармеояд, майдони кристаллизатсияи гидрокарбонати калтсий $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ қисми зиёди онро ишғол мекунад, ки ин ба ҳалшавандагии ками $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ нисбат ба дигар фазаҳои саҳти мувозинатӣ дар шароити овардашуда, инчунин мирабилит ҳаҷми хурди диаграммаи системаро ишғол кардааст, далели ҳалшавандагии зиёд доштани намаки мирабилитро ифода мекунад.

Шарҳи шаклҳои геометрӣ (майдонҳои дивариантӣ, хатҳои моновариантӣ ва нуқтаҳои нонвариантӣ) – и системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O барои изотермаи 273 дар чадвали 22 оварда шудааст.

Чадвали 22. – Шарҳи мавҷудияти шаклҳои геометрии системаи

Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар изотермаи 273 К

Ифодаи шаклҳои геометрӣ	Шарҳи аломатҳо (рас. 26)
1	2
e_1	Ҳалшавандагии сульфати калтсий дар об
e_2	Ҳалшавандагии гидрокарбонати натрий дар об
e_3	Ҳалшавандагии сульфати натрий дар об
e_4	Ҳалшавандагии гидрокарбонати калтсий дар об
E_1^3	Кристаллизатсияи якҷояи Mib + Nh дар системаи $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O
E_2^3	Кристаллизатсияи якҷояи Mib + Gr дар системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O
E_3^3	Кристаллизатсияи якҷояи CaH + Gr дар системаи $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O
E_4^3	Кристаллизатсияи якҷояи CaH + Nh дар системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O

	Давоми ҷадвали 22
1	2
E_1^4	Нуқтаи кристаллизатсияи якҷояи Mib + Nh + Gr дар системаи $Na^+, Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$
E_2^4	Нуқтаи кристаллизатсияи якҷояи Nh + CaH + Gr дар системаи $Na^+, Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$
$E_1^3 — E_1^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи Mib + Nh дар системаи $Na^+ \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$
$E_2^3 — E_1^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи Mib + Gr дар системаи $Na^+, Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-} - H_2O$
$E_3^3 — E_2^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи CaH + Gr дар системаи $Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$
$E_4^3 — E_2^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи CaH + Nh дар системаи $Na^+, Ca^{2+} \parallel HCO_3^- - H_2O$
$E_1^4 — E_2^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи Nh + Gr дар системаи $Na^+, Ca^{2+} \parallel SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$
$E_1^3 Na_2SO_4 E_2^3 E_1^4 E_1^3$	Майдони кристаллизатсияи Mib
$E_1^3 NaHCO_3 E_4^3 E_2^4 E_4^1 E_1^3$	Майдони кристаллизатсияи Nh
$E_2^3 CaSO_4 E_3^3 E_2^4 E_1^4 E_2^3$	Майдони кристаллизатсияи Gr
$E_4^3 Ca(HCO_3)_2 E_3^3 E_2^4 E_4^3$	Майдони кристаллизатсияи CaH
(I)	Ифодаи мавқеи нуқтаи фигуративии системаи дода шуда дар қисми обӣ-намакии диаграмма

Чи хеле ки қайд карда шуд, ба мувозинат омадани фазаҳои сахт дар системаи чоркомпонентаи таҳқиқшаванда бо усули кристаллооптикӣ [92-94], яъне назорати фазаҳои сахти мувозинатӣ бо ёрии микроскоп ва аксгирак амалӣ карда шуда, дар расми 25 микрофотографияҳои фазаҳои сахти индивидуалӣ ва кристаллизатсияи якҷояи онҳо дар нуқтаҳои нонвариантии се ва чоркомпонента оварда шудааст.

БОБИ III. ФАЗАҲОСИЛШАВИИ ЭЛЕМЕНТҲОИ ГЕОМЕТРИИ СОХТОРИ ДИАГРАММАҲОИ СИСТЕМАИ ПАНЧКОМПОНЕНТАИ $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ВА ЗЕРСИСТЕМАҲОИ ЧОРКОМПОНЕНТАИ ТАРКИБИ ОНРО ТАШКИЛДИҲАНДА БО ЁРИИ УСУЛИ ТРАНСЛЯТСИЯ ДАР ҲАРОРАТИ 298 К

Боби сеюми кори диссертационии зерин натиҷаҳои фазаҳосилшавии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ - ро дар ҳарорати 298 К ва муқоисаи он бо сохтори комплекси фазагии ҳамин система дар ҳарорати 273 К дар бар мегирад. Маълум аст, ки бо баланд шудани ҳарорат дегидрататсияи кристаллогидратҳо ба мушоҳида мерасад. Дар ин раванд ҳосилшавии намакҳои нави омехта ва ё дучанда низ ба назар расида, он боиси қисман ва ё пурра тағйирёбии сохтори диаграммаи системаи таҳқиқшаванда шуда метавонанд. Дар зер натиҷаҳои таҳқиқи фазаҳосилшавии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва зерсистемаҳои чоркомпонентаи онро ташкилдиҳанда бо ёрии усули транслятсия дар ҳарорати 298 К оварда шуда, таҳлили сохтори диаграммаҳо ва инчунин таҳлили муқоисавии фазаҳосилшавӣ бо афзудани ҳарорат дар фосилаи 273-298 К дар назар мебошад. Дар боби мазкур низ натиҷаҳои эксперименталӣ ҳалшавандагии системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар 298 К дида мешавад.

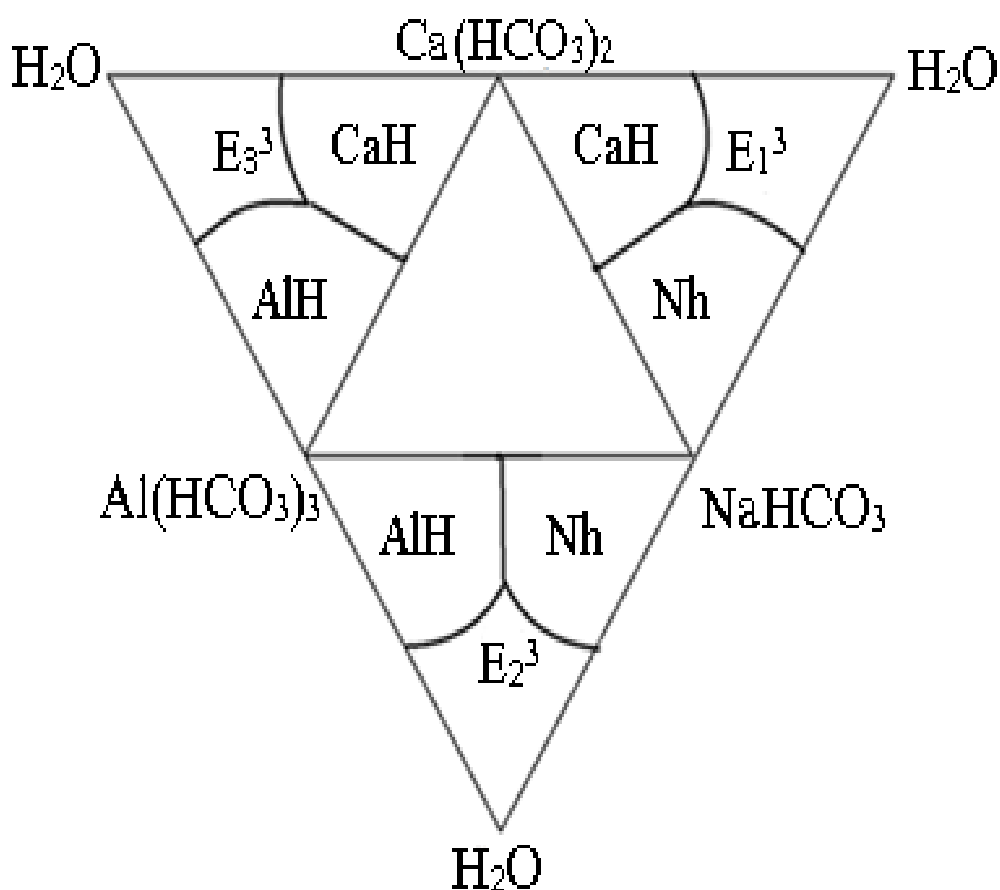
3.1. Системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

Системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ чунин системаҳои секомпонентаро дар бар мегирад: $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Мувофиқи маълумотҳои [89-90] системаҳои секомпонента дар ҳарорати 298 К омӯхта нашудааст. Барои он ҳамчун ҳарорати 273 К дар 298 К низ дар зерсистемаҳои секомпонентааш яктогӣ нуқтаҳои нонварианти ҳосанд (ҷадв. 23).

Ҷадвали 23. – Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

Система	Нуқтаҳои нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
$\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_1^3	Nh + CaH
$\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_2^3	Nh + AlH
$\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_3^3	CaH + AlH

Аз рӯи ин маълумотҳо диаграммаи фазаҳосилшавӣ (комплексии фазагӣ)-и системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 298 К дар сатҳи секомпонентагӣ дар шакли призмаи кушодаи секунҷа сохта шудааст (рас. 27).



Расми 27. – Диаграммаи сатҳи секомпонентагии “кушода”-и фазаҳосилшавии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

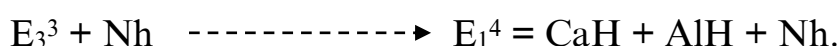
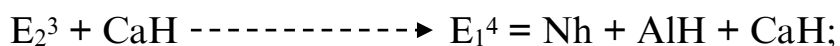
Барои сохтани диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К бо ёрии усули транслятсия дар сатҳи чоркомпонентагӣ маълумотҳои ҷадвали 23 –ро, ки ифодагари мувозинатҳои фазагии сатҳи секомпонентагии ин система мебошад, истифода намудем.

Дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантие, ки дар сатҳи секомпонентагӣ мавҷуд буданд, бо иловаи компоненти навбатӣ ба хат табдил меёбанд. Хатҳои моновариантие, ки дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ҳосил шудаанд, дар сатҳи компонентнокии навбатӣ бо ҳам вохӯрда, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил кардаанд. Амалишавии ин раванд ба таври схематикӣ дар расми 28 нишон дода шудааст.

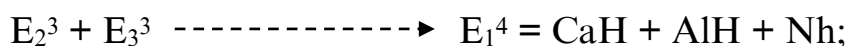
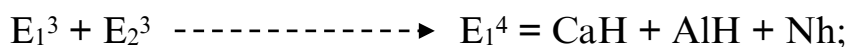
Транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ дар он бо хатҳои пунктирӣ дар дохили секунҷа нишон дода шудаанд. Дар сатҳи чоркомпонентагӣ хатҳои моновариантии дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ҳосилшуда бо ҳам бархӯрда (мувофиқи қоидаҳои топологӣ ва риояи қоидаи фазаҳо) нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентаи мувофиқро ҳосил мекунанд.

Ҳосилшавии нуқтаи нонвариантии системаи мазкур бо се намуди транслятсия [54-56] амалӣ мегардад, ки онҳо тарнслятсияи яктарафа, транслятсияи дутарафа ва транслятсияи сетарафа мебошанд.

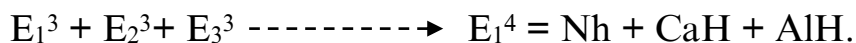
Транслятсияи яктарафа:



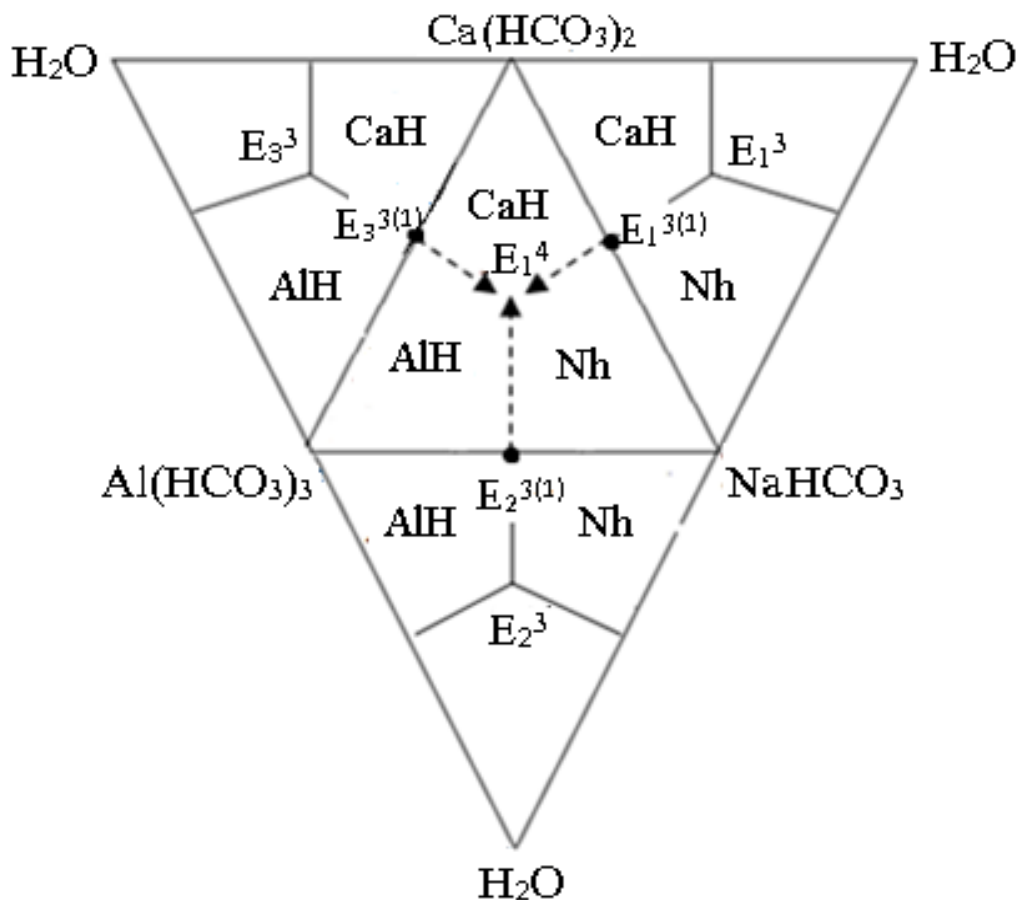
Транслятсияи дутарафа:



Транслятсияи сетафа:



Дар диаграммаи расми 28, ки диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel HCO_3^- - H_2O$ дар 298 К мебошад, ҳамаи намудҳои транслятсияи дар боло ишорашударо дидан мумкин мебошад. Новобаста аз навҳои транслятсия мувозинати фазагӣ дар нуктаи нонвариантии сатҳи чоркомпонентагии ҳосилшуда якхела аст.



Расми 28. – Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентагии фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel HCO_3^- - H_2O$ дар ҳарорати 298 К

Барои системаи болозикр, инчунин мавҷудияти се хатҳои моновариантии хос аст. Таркиби фазаҳои таҳшинӣ бо таркиби фазаҳои нуктаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ мувофиқат мекунамд.

Дар диаграмма контури майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои алоҳида (майдонҳои диварианти), ки шакли зерин доранд, дарҷ ёфтаанд. Фрагментатсияи онҳо дар ҷадвали 24 инъикос карда шудааст.

Ҷадвали 24. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контури майдонҳои дивариантии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

№ р/т	Фазаҳои саҳти мувозинатии майдонҳо	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас.28)
1.	CaH	$\begin{array}{ccc} \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 & \text{—} & \text{E}_1^3 \\ & & \downarrow \\ \text{E}_3^3 & \text{---} & \text{E}_1^4 \end{array}$
2.	Nh	$\begin{array}{ccc} \text{E}_1^3 & \text{—} & \text{NaHCO}_3 \\ \downarrow & & \\ \text{E}_1^4 & \text{---} & \text{E}_2^3 \end{array}$
3.	AlH	$\begin{array}{ccc} \text{E}_3^3 & \text{---} & \text{E}_1^4 \\ & & \uparrow \\ \text{Al}(\text{HCO}_3)_3 & \text{—} & \text{E}_2^3 \end{array}$

Натиҷаи муқоисаи шаклҳои геометрии системаи таҳқиқшавандаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 273 ва 298 К чунин ифода шудаанд:

Изотерма, К	273	298
Нуқтаҳои нонварианти	1	1;
Хатҳои моноварианти	3	3;
Майдонҳои диварианти	3	3.

3.2. Системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$

Системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ба чунин зерсистемаҳои сатҳи секомпонента тақсим мешавад: $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$. Мувофиқи корҳои [89-90] аз се система дутоашон (якум ва дуҷум) дар ҳарорати 298 К хеле хуб омӯхта шуда, системаи сеюм омӯхта нашудааст. Аз маълумотҳои ҷамъоварда маълум аст, ки бо афзоиши ҳарорат аз 273 то ба 298 К ҳосилшавии фазаҳои

нав ба назар мерасанд, ки ин ба мураккабшавии сохтори диаграмма оварда мерасонад. Яъне тағйирот дар системаи секомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ба мушоҳида мерасад. Дар системаи секомпонентаи аввал байни таъсири фазаҳои мувозинатии Mib ва Gr фазаи нави Gb ҳосил шавад, аз таъсири Al-18 ва Mib кристаллогидрати намаки дучандаи Na·Al·12 ҳосил мешавад. Ҳамин тавр, таркиби фазавии нуқтаҳои нонвариантии системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар сатҳи секомпонентагӣ чунин мешаванд (ҷадв. 25).

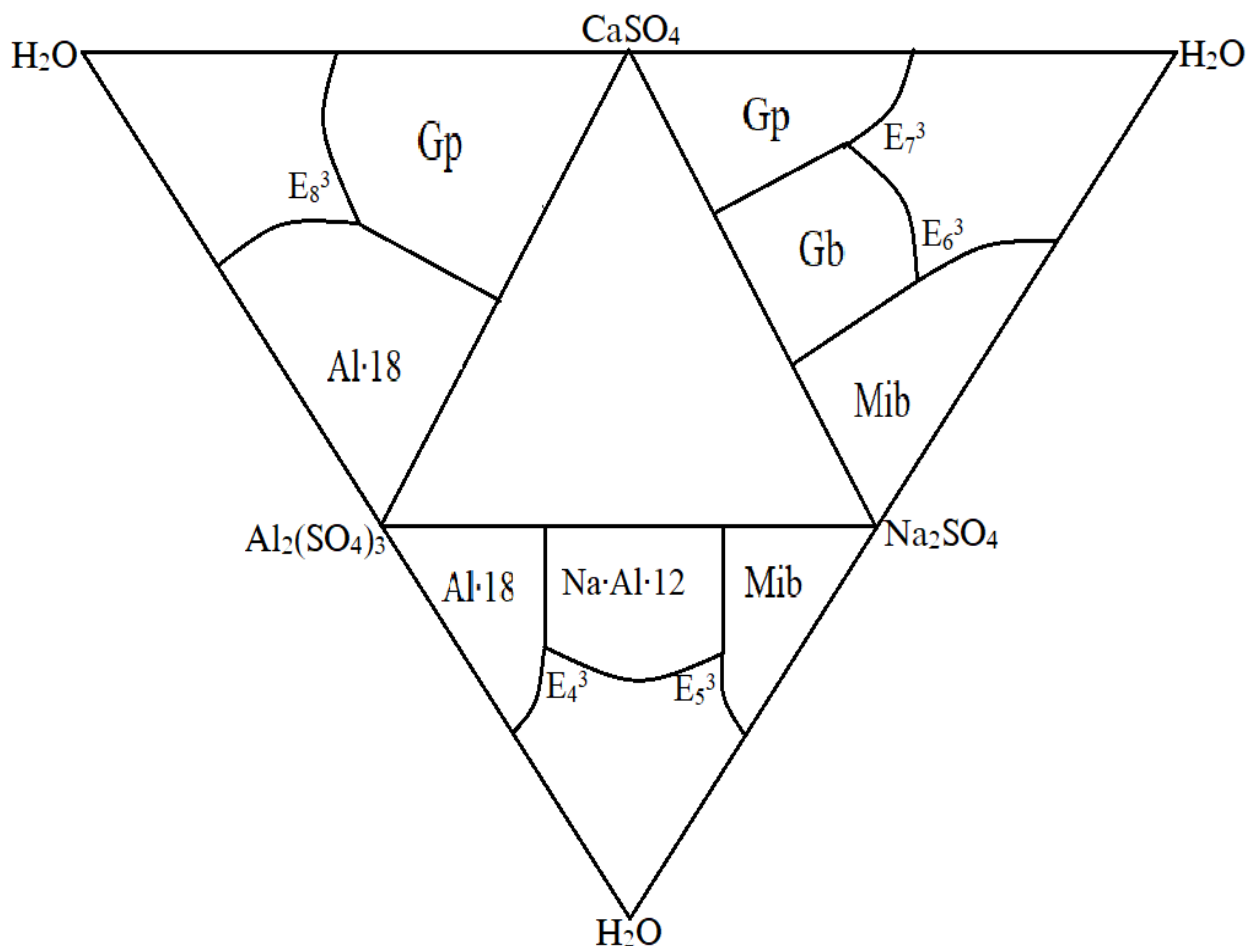
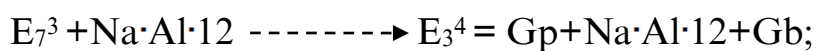
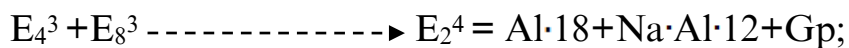
Ҷадвали 25. – Нуқтаҳои нонвариантии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К, сатҳи секомпонентагӣ

Система	Нуқтаҳои нонварианти	Таркиби фазаҳои саҳт
Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_4^3	Al-18 + Na·Al·12
	E_5^3	Na·Al·12 + Mib
Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_6^3	Mib + Gr
	E_7^3	Gr + Gb
Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_8^3	Gr + Al-18

Мувофиқи маълумотҳои ҷадвали 25 дар расми 29 диаграммаи фазаҳосилшавии системаи чоркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 298 К дар сатҳи секомпонентагӣ ба намуди призмаи секунҷаи кушода оварда шудааст. Дар он ҳамаи майдонҳои дивариантии имконпазир ва хатҳои моновариантие, ки ба системаҳои секомпонента мувофиқанд, инъикос ёфтаанд.

Ҳангоми транслятсия дар сатҳи чоркомпонентагӣ нуқтаҳои нонварианти ба хатҳои моноварианти трансформатсия (табдил меёбанд) мешаванд ва хатҳои моноварианти бо ҳам во хӯрда (мувофиқи қоидаи фазаҳои Гиббс), нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил мекунанд. Ба таври риёзӣ онро ҳамчун якҷояшавии нуқтаҳои нонвариантии мувофиқ шарҳ додан мумкин аст. Таҳлили таркиби фазавии

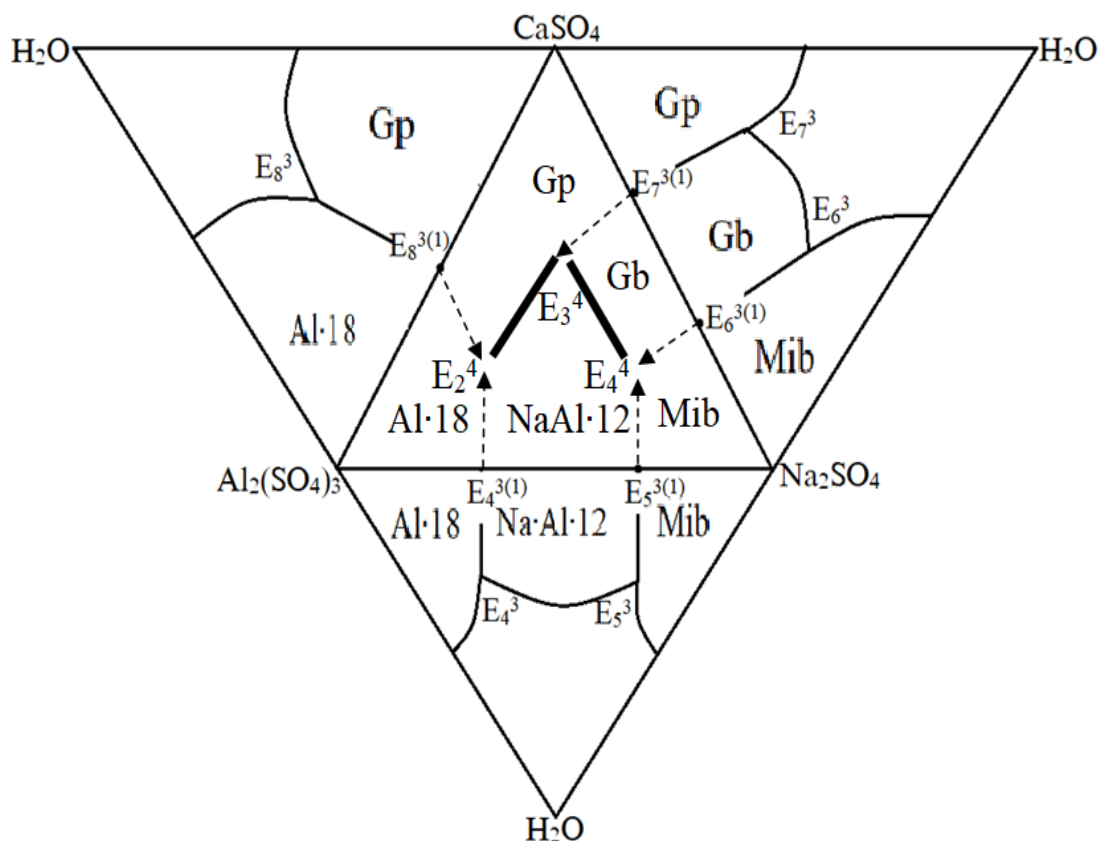
нуқтаҳои нонвариантии сатҳи сеи болозикр имконияти якҷояшавии онҳоро ба таври зерин нишон медиҳанд:



Расми 29. – Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентагии «кушода»-и фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O дар 298 К

Мувофиқи корҳои [89-90] ин нуқтаҳои нонварианти бо ёрии усули ҳалшавандагӣ ба таври эксперименталӣ муайян карда шуда, маълумоти бо усули транслятсия ба даст овардари тасдиқ мекунад.

Диаграммаи схематикӣ [103] сарбастаи комплексҳои фазаи системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои ҳарорати 298 К, ки бо усули транслятсия сохта шудааст [127], дар расми 30 оварда шуда, инчунин дар кори [128] низ муҳокима шудааст.



Расми 30. – Диаграммаи комплекси фазагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O дар ҳарорати 298 К, сатҳи се- чоркомпонентагӣ

Чи тавре ки аз расми 30 бармеояд, ба сифати шакли геометрӣ дар ин ҳолат секунҷаи баробарпахлӯ истифода шудааст, ки паҳлӯҳои он остовҳои координатии қисми намакии системаи секомпонента ба шумор мераванд. Бинобар ин, дар паҳлӯҳои ин секунҷа ба таври схематикӣ ҳолати нуқтаҳои нонвариантии системаи секомпонентаи мувофиқ акс ёфтаанд. Транслятсияи онҳо ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба шакли хатҳои моновариантӣ бо хатҳои пунктирӣ нишон дода шудаанд. Ин хатҳои моновариантӣ, мувофиқи усули транслятсия ва риоя ба қоидаи фазаҳои Гиббс, бо ҳам во хӯрда, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил мекунанд. Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чор, ки бо усули транслятсия муайян гаштанд (E_2^4 ва E_4^4), дар натиҷаи тарнслятсияҳои “дутарафа” ва (E_3^4) дар натиҷаи “яктарафа” ҳосил шудаанд [54-56]. Барои системаи таҳқиқшаванда ба ғайр аз ин нуқтаҳои нонвариантӣ, инчунин панҷ майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти

Усули транслятсия ба мо имкон медиҳад, ки диаграммаи сохташударо аз рӯи майдонҳои фазаҳои алоҳида фрагментатсия намоем. Дар ҷадвали 26 рӯйхати контурҳои майдонҳои дивариантии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O дар ҳарорати 298 К оварда шудааст.

№ р/т	Фазаҳои саҳти мувозинатии майдонҳо	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас. 30.)
1.	Al·18	
2.	Mib	
3.	Al·18	
4.	Gb	
5.	NaAl·18	

Натиҷаи муқоисаи шаклҳои геометрии системаи таҳқиқшаванда дар ҳароратҳои 273 ва 298 К чунин миқдори элементҳои геометро дар бар мегиранд:

Изотерма, К	273	298
Нуқтаҳои нонварианти	1	3
Хатҳои моноварианти	3	7
Майдонҳои диварианти	3	5

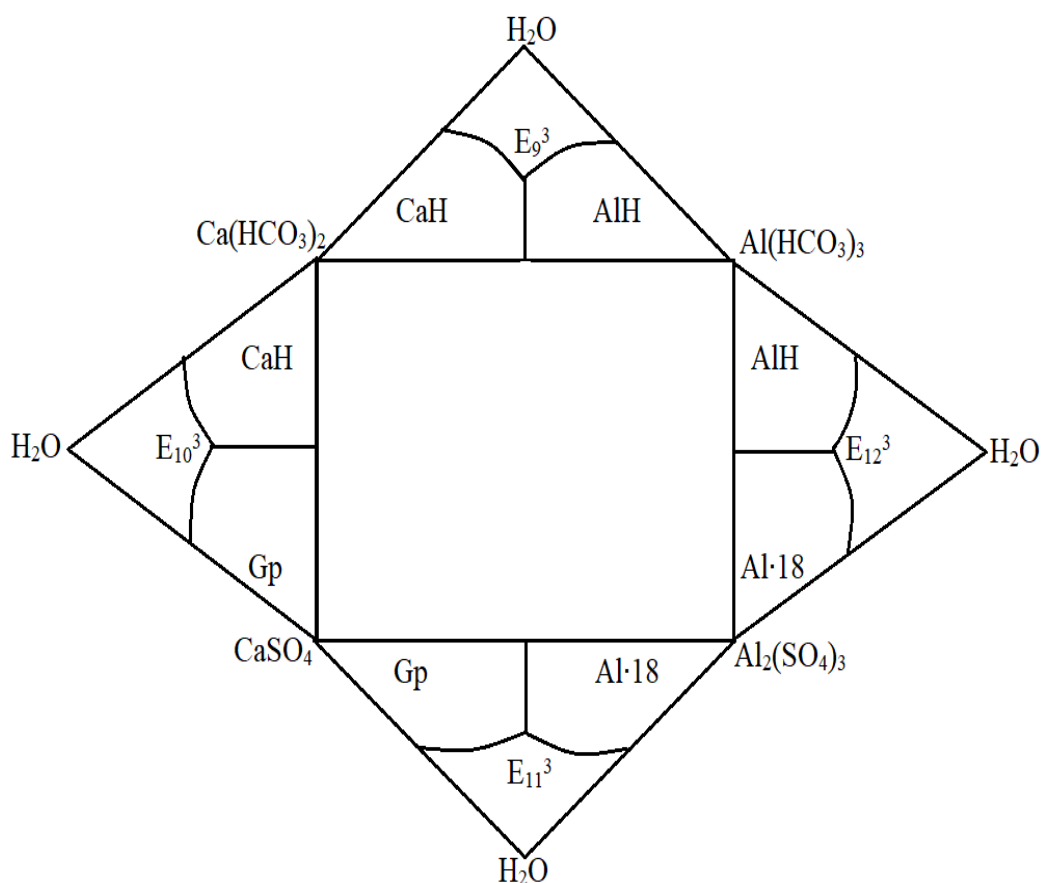
3.3. Системаи чоркомпонентаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

Системаи чоркомпонентаи мазкур аз чунин зерсистемаҳои секомпонента иборат аст: Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Аз сабабе, ки зерсистемаҳои таркиби ин система нопурра омӯхта шудааст, онҳоро ҳамчун системаҳои оддии дорои яктогӣ нуқтаҳои нонвариантии эвтоникӣ дошта қабул намудем (ҷадв. 27).

Ҷадвали 27. Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

Система	Нуқтаи нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_9^3	$\text{CaH} + \text{AlH}$
$\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{10}^3	$\text{Gr} + \text{CaH}$
Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_{11}^3	$\text{Al} \cdot 18 + \text{Gr}$
$\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{12}^3	$\text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$

Дар расми 31 диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи таҳқиқшаванда дар сатҳи секомпонентагӣ барои ҳарорати 298 К ба намуди пирамидаи чоррӯяи кушода оварда шудааст. Чи тавре ки аз ҷадвали 27 аён аст, дар ин сатҳи компонентнокӣ барои он мавҷудияти чор нуқтаҳои нонварианти хос мебошад.



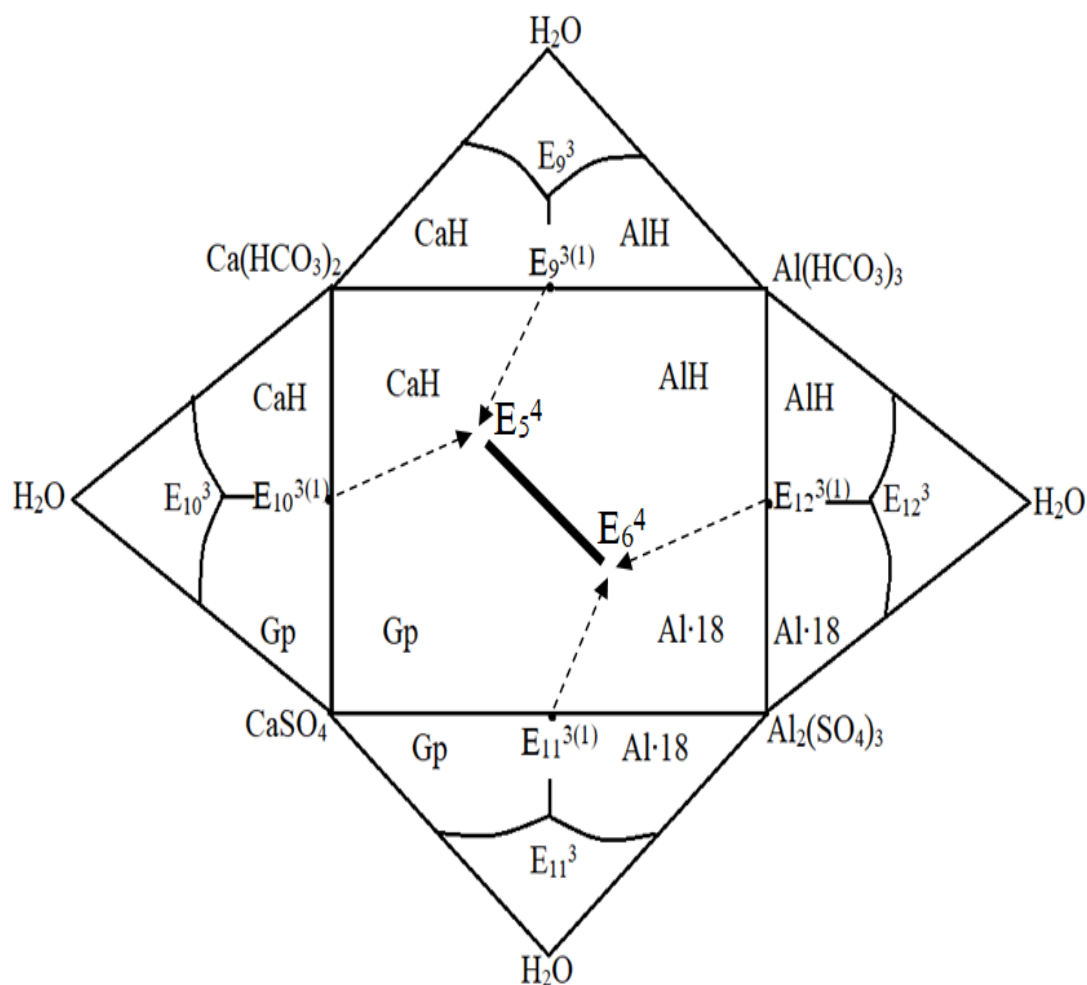
Расми 31. Диаграммаи сатҳи секомпонентаги «Пирамидаи кушода»-и фазаҳосилшавии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар 298 К

Зимни транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба хатҳои моновариантӣ табдил ёфта, дар фазои сатҳи компонентнокии умумӣ бо ҳам бархӯрда, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро бо фазаҳои саҳти мувозинатиашон ҳосил мекунанд:



Ҳамин тавр, бо ёрии усули транслятсия ҳардуи нуқтаҳои нонвариантӣ (E_5^4 , E_6^4) дар натиҷаи транслятсияи “дутарафа” ҳосил шуданд [54-56].

Диаграммаи комплекси фазагии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , ки бо ёрии усули транслятсия дар ҳарорати 298 К сохта шудааст, дар расми 32 овардем.



Расми 32. Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентагии фазаҳосилшавиин системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К

Диаграмма дар асоси пирамида, ки барои ифодаи диаграммаи системаи зерин дар сатҳи секомпонентагӣ (рас. 29) истифода бурда шуд, акс ёфтааст. Чун маълум гашт, ҳангоми баланд шудани ҳарорат дар ин системаи таҳқиқшаванда тағйироти фазагӣ ба амал намеояд ва сохтори диаграмма низ ҳолати аввалаашро нигоҳ медорад.

Сохтори диаграммаи системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К аввалин маротиба аз ҷониби мо сохта шуда, инчунин дар корҳои [127-128] муҳокима шудаанд.

Контури майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти индивидуалии системаи Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К (диаграммаи расм. 32) дар ҷадвали 28 оварда шудааст.

Ҷадвали 28. Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контури майдонҳои дивариантии системаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

№ р/т	Майдонҳои фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграмма (рас. 32.)
1.	AlH	$\begin{array}{ccc} \text{Al}(\text{HCO}_3)_3 & \xrightarrow{\text{E}_9^3} & \text{E}_5^4 \\ & & \\ \text{E}_{12}^3 & \xrightarrow{\quad} & \text{E}_6^4 \end{array}$
2.	Gp	$\begin{array}{ccc} \text{E}_{10}^3 & \xrightarrow{\quad} & \text{E}_5^4 \xrightarrow{\quad} \text{E}_6^4 \\ & & \\ \text{CaSO}_4 & \xrightarrow{\quad} & \text{E}_{11}^3 \end{array}$
3.	CaH	$\begin{array}{ccc} \text{E}_{10}^3 & \xrightarrow{\quad} & \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \\ & & \\ \text{E}_5^4 & \xleftarrow{\quad} & \text{E}_9^3 \end{array}$
4.	Al·18	$\begin{array}{ccc} \text{E}_6^4 & \xleftarrow{\quad} & \text{E}_{12}^3 \\ & & \\ \text{E}_{11}^3 & \xrightarrow{\quad} & \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \end{array}$

Натиҷаи муқоисаи шаклҳои геометрии системаи таҳқиқшаванда дар ҳароратҳои 273 ва 298 К ифода менамоянд, ки бо афзудани ҳарорат дар системаи чоркомпонентаи $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ зерсистемаҳои се ва дукомпонентаи онҳо тағйироти фазаӣ вучуд надорад, бинобарин теъдоди элементҳои геометиашон дар изотермаҳои додашуда баробар мебошанд.

3.4. Системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

Системаи чоркомпонентаи мазкур умуман омӯхта нашудааст [91-92]. Он таркибан аз чунин системаҳои секомпонента иборат аст: $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Мувофиқи корҳои [89-90] яке аз зерсистемаҳои таркиби системаи чоркомпонента хуб омӯхта шудаасту халос. Дар зер нуктаҳои

нонвариантӣ ва фазаҳои саҳти дар мувозинат будаи ҳоси ин нуқтаҳо оварда шудааст (ҷадв. 29).

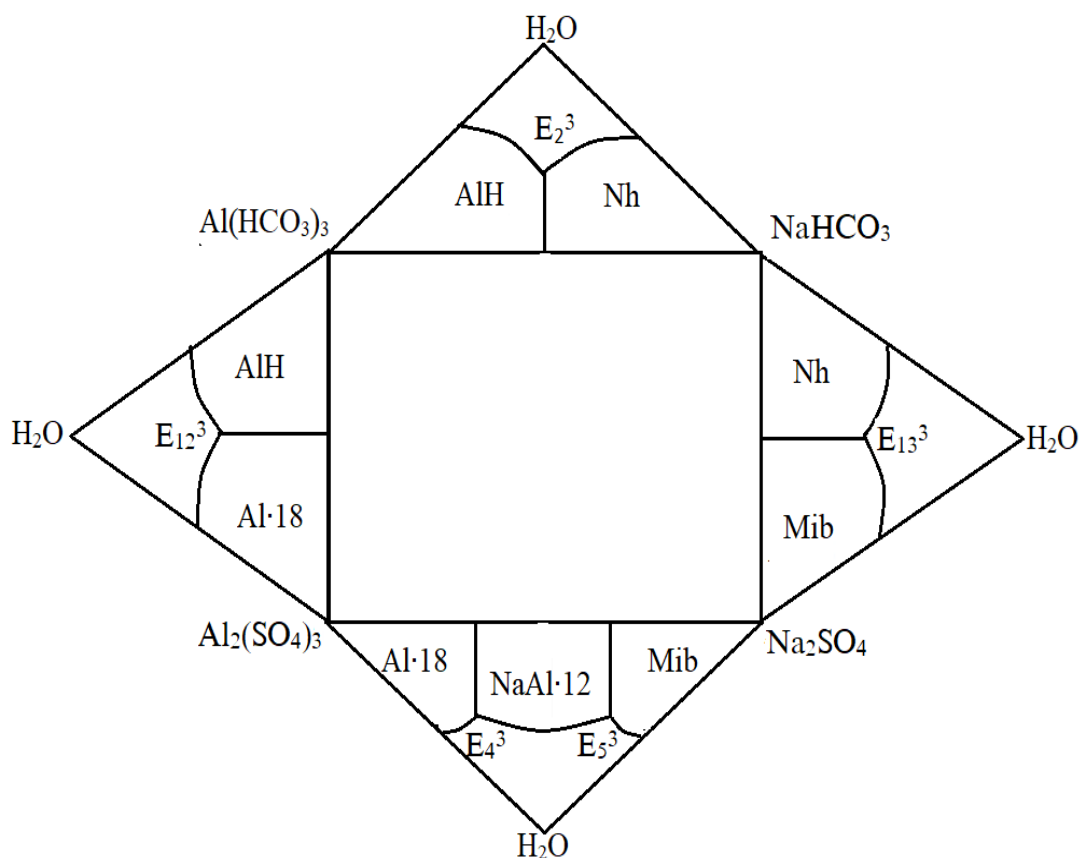
Ҷадвали 29. Нуқтаҳои нонвариантии системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 298 К дар сатҳи секомпонентагӣ

Система	Нуқтаҳои нонвариантӣ	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
$\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_2^3	$\text{AlH} + \text{Nh}$
$\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_4^3	$\text{Al}\cdot 18 + \text{NaAl}\cdot 12$
	E_5^3	$\text{NaAl}\cdot 12 + \text{Mib}$
$\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{12}^3	$\text{AlH} + \text{Al}\cdot 18$
$\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{13}^3	$\text{Mib} + \text{Nh}$

Аз маълумоти ҷадв. 29 бармеояд, ки барои системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ бо афзудани ҳарорат аз 273 то 298 К тағйироти фазавӣ ба амал омадааст, яъне дар зерсистемаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ дар натиҷаи таъсири муттақобилаи фазаҳои мирабилит ва октагидрат сулфати алюминий намаки дучандаи сулфатҳои алюминий-натрий бо 12 молекула об ҳосил шудааст, ки ин сабаб мешавад, сохтори диаграмма дар 298 К мураккабтар гардад. Яъне, якто нуқтаи нонвариантии иловагӣ бо фазаҳои саҳти мувозинатиаш ҳосил шуда, дар сатҳи секомпонентагӣ 2 нуқтаи нонвариантӣ (E_4^3 ва E_5^3) 5 хати моновариантӣ ($E_n^2E_4^3$, $E_n^2E_5^3$, $E_4^3E_4^3$, $E_4^3E_5^3$ ва $E_5^3E_5^3$) ва 4 майдони дивариантӣ ($\text{Al}\cdot 18$, $\text{NaAl}\cdot 12$, Mib ва майдони маҳлули носери системаи секомпонента) ҳосил мекунад. Фазаи ҳосилшуда сабаб мешавад, дар баробари мураккабии сохтори диаграмма, бо тарзҳои транслятсияи шаклҳои геометрии дар натиҷаи иловаи компоненти чорум ба системаи секомпонентаи мазкур тағйир диҳад. Яъне, дар баробари транслятсияи дутарафа бо имконияти транслятсияи яктарафа дар диаграмма ҳосил гардад.

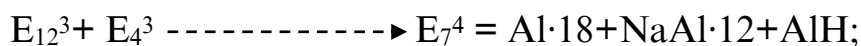
Дар расми 33 диаграммаи фазаҳосилшавии системаи чоркомпонентаи таҳқиқшавандаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар сатҳи

секомпонентагӣ барои ҳарорати 298 К ба намуди пирамидаи чоррӯяи кушода оварда шудааст. Чи тавре ки аён аст, дар ин сатҳи компонентнокӣ барои он мавҷудияти панҷ нуқтаҳои нонварианти хос мебошад.



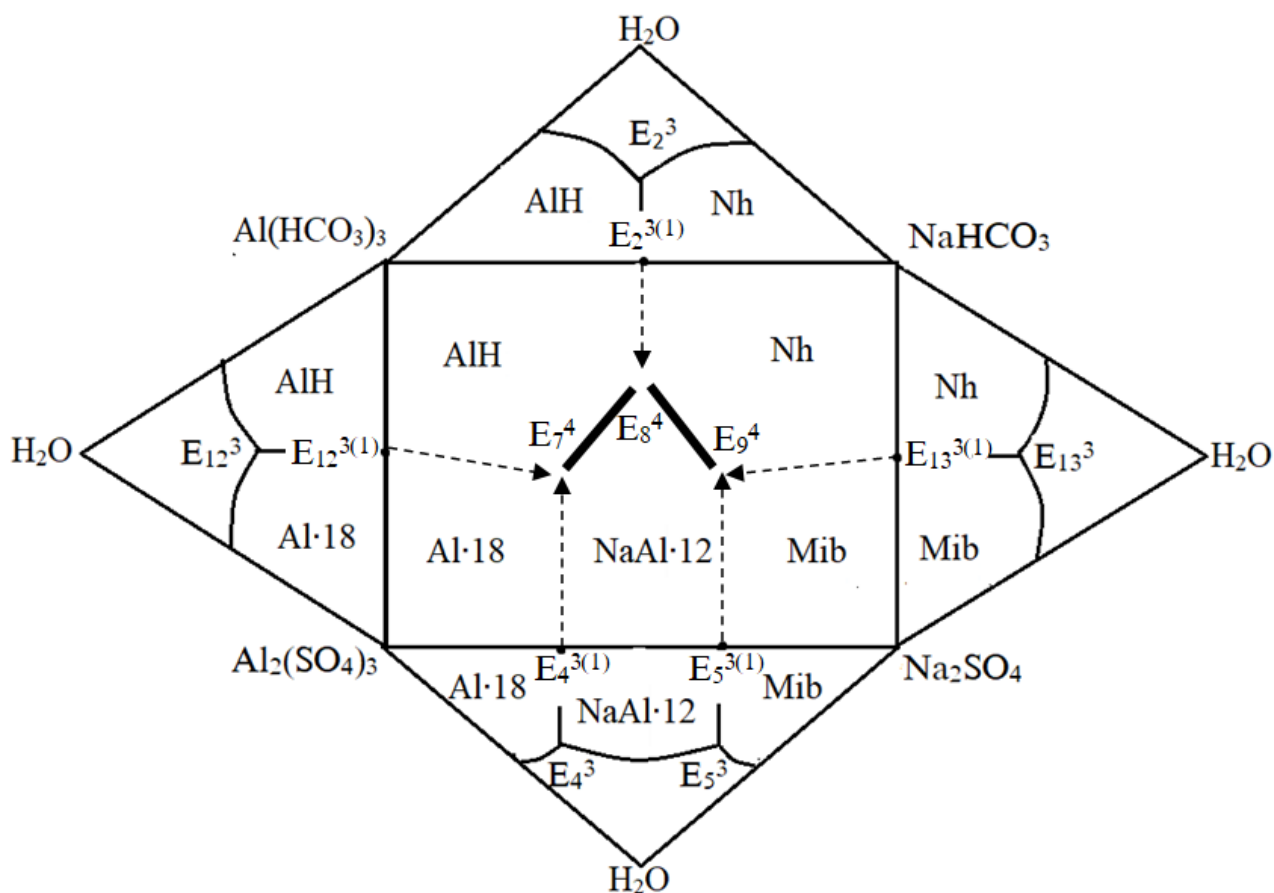
Расми 33. - Диаграммаи сатҳи секомпонентагии «Пирамидаи кушода»-и фазаҳосилшавии системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^-$ - H_2O дар ҳарорати 298 К

Ҳангоми трансформатсияи ин нуқтаҳои нонварианти ба сатҳи чоркомпонентагӣ ба хатҳои моноварианти ва дар фазои компонентнокии умумӣ бархӯрии онҳо нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро бо фазаҳои саҳти мувозинатиашон ҳосил мекунанд:



Ҳамин тавр, бо ёрии усули транслятсия се нуқтаҳои нонвариантии (E_7^4 , E_8^4 ва E_9^4) сатҳи чоркомпонентагӣ дар натиҷаи транслятсияи дутарафа (E_7^4 ва E_9^4) ва яктарафа (E_8^4) ҳосил шуданд [54-56].

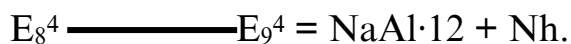
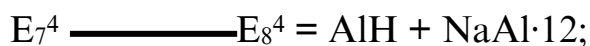
Диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , ки бо ёрии усули транслятсия дар ҳарорати 298 К сохта шудааст, дар расми 34 оварда шудааст.



Расми 34. - Диаграммаи сатҳи се-чоркомпонентагӣ комплекси фазагии системаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К

Диаграмма дар асоси пирамида, ки барои ифодаи диаграммаи системаи зерин дар сатҳи секомпонентагӣ (рас. 33) истифода бурда шуд, акс ёфтааст. Дар он ба ғайр аз нуктаҳои нонвариантии болозикр, инчунин мавҷудияти 5 майдонҳои диваврианти бо фазаҳои саҳти мувозинатии индивидуалӣ (Nh, AlH, Mib, Al·18, NaAl·12) ва 7 хатҳои моновариантии низ инъикос ёфтаанд. Хатҳои моновариантии ду намуди пайдоиш доранд. Панҷтои онҳо дар натиҷаи транслятсияи нуктаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ба сатҳи чоркомпонентагӣ ҳосил шуда, бо хатҳои пунктирӣ ифода ёфтаанд. Таркиби фазаҳои таҳшинии ин хатҳои моновариантии бо таркиби фазаҳои таҳшинии нуктаҳои нонвариантии

сатҳи секомпонентагии транслятсияшуда мувофиқат мекунад. Ду то хатҳои моноварианти, ки дар байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ гузаштаанд, хатҳои ғамси яклухт буда, таркиби фазаҳои саҳти зеринро доранд:



Соҳтори диаграммаи системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 298 К инчунин дар қорҳои [127, 129] муҳокима шудаанд.

Контуре майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти индивидуалии системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 298 К (диаграммаи рас. 34.) дар ҷадвали 30 оварда шудааст.

Ҷадвали 30. - Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контуре майдонҳои дивариантии системаи $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

№ Р/Т	Майдонҳои фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контуре майдонҳо дар диаграмма (рас.34.)
1.	Mib	$\begin{array}{ccc} \text{Na}_2\text{SO}_4 & \text{—————} & E_{13}^3 \\ & & \vdots \\ E_5^3 & \text{-----} \rightarrow & E_9^4 \end{array}$
2.	AlH	$\begin{array}{ccccc} E_{12}^3 & \text{-----} \rightarrow & E_7^4 & \text{—————} & E_8^4 \\ & & & & \vdots \\ \text{Al}(\text{HCO}_3)_3 & \text{—————} & & & E_2^3 \end{array}$
3.	Nh	$\begin{array}{ccc} E_2^3 & \text{—————} & \text{NaHCO}_3 \\ \vdots & & \\ E_8^4 & \text{—————} & E_9^4 \leftarrow \text{-----} E_{13}^3 \end{array}$
4.	Al·18	$\begin{array}{ccc} E_7^4 & \leftarrow \text{-----} & E_4^3 \\ \vdots & & \\ E_{12}^3 & \text{—————} & \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \end{array}$
5.	NaAl·12	$\begin{array}{ccc} E_4^3 & \text{-----} \rightarrow & E_7^4 \\ & & \searrow \\ E_5^3 & \text{-----} \rightarrow & E_9^4 \nearrow \\ & & E_8^8 \end{array}$

Ҳамин тавр, муқоисаи мувозинатҳои фазагии системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 273 ва 298 К чунин натиҷаҳои назаррасро дод:

Изотерма, К	273	298
Нуқтаҳои нонварианти	2	3
Хатҳои моноварианти	5	7
Майдонҳои диварианти	4	5

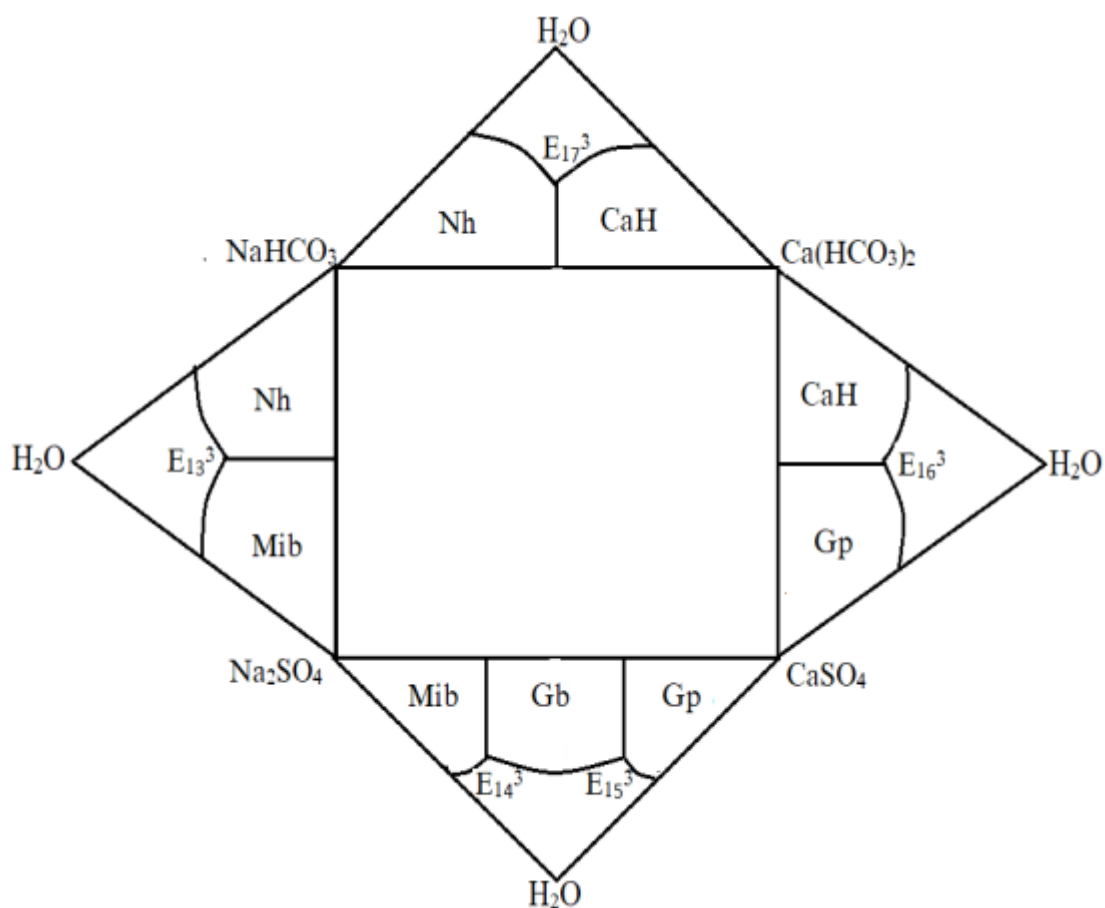
3.5. Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

Системаи чоркомпонентаи додашуда чунин зерсистемаҳои секомпонентаро дар бар мегирад: Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ ва $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$. Нуқтаҳои нонвариантии барои онҳо хос бо фазаҳои саҳти мувозинатиашон аз қорҳои [89-90] гирифта шуда, дар ҷадвали 31 оварда шудаанд.

Ҷадвали 31. - Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

Система	Нуқтаҳои нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{17}^3	Nh + CaH
$\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{13}^3	Mib + Nh
Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$	E_{14}^3	Mib + Gb
	E_{15}^3	Gp + Gb
$\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	E_{16}^3	Gp + CaH

Аз рӯи ин маълумотҳои ҷадвали 31 диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К дар сатҳи секомпонентагӣ бо шакли пирамидаи кушода сохта шудааст (рас.35.). Ҳамзамон мувозинатҳои фазагӣ дар сатҳи секомпонентагӣ муайян карда шудааст, ки он асос барои омӯзиш ва сохтани диаграммаи системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ мешавад.

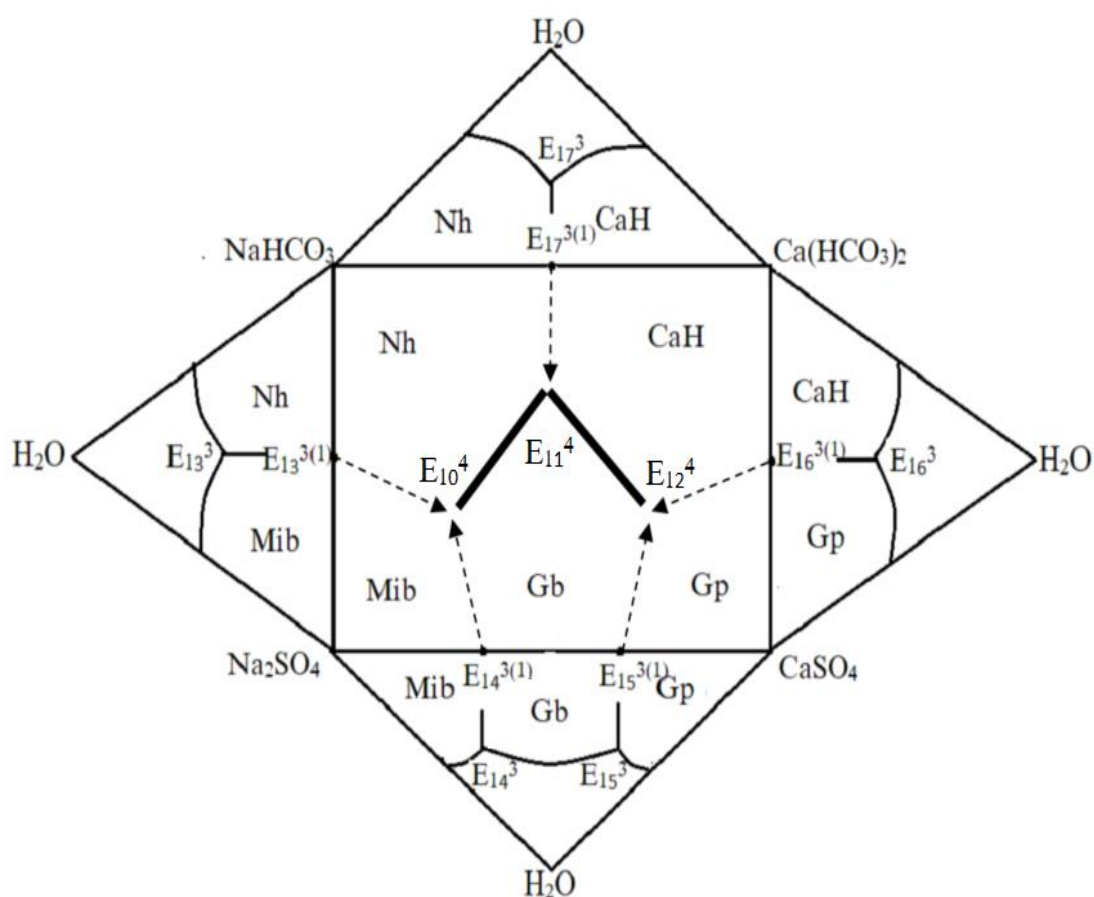


Расми 35. - Диаграммаи сатҳи секомпонентаги «Пирамидаи кушода»-и фазаҳосилшавии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К

Барои пешгӯии мувозинатҳои фазагии системаи додашуда дар сатҳи чоркомпонентагӣ маълумотҳои кори [74] истифода бурда шуд. Он инчунин дар қорҳои [130-131] низ баррасӣ шудааст.

Аз маълумотҳои ҷадвали 31 ва сохтори диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи тадқиқшаванда аён мегардад, ки бо зиёдшавии ҳарорат дар диаграммаи ҳарорати 298 К нисбати диаграммаи мувозинатҳои фазагии ин система дар ҳарорати 273 К пайдошавии нуқтаи нави нонварианти ба назар расида, миқдори он аз 2 ба 3 афзудааст. Албатта он сохтори диаграммаро низ бетағйир намондааст. Ин маънои онро дорад, ки афзоиши ҳарорат дар системаи секомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O майдони нави глауберит мувофиқи принципҳои асосии таҳлили физико-химиявӣ [1], байни майдонҳои мирабилит ва гипс ҳосил шуда, боиси

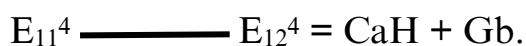
пайдоиши нуқтаи нонвариантии иловагӣ гардидааст. Дар расми 36 диаграммаи сарбастаи комплекси фазагии системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К дар сатҳи се-чоркомпонентагӣ [130-131], ки дар асоси [74], бо ёрии усули транслятсия сохта шудааст, ҷой дорад. Он дар асоси пирамидаи чоррӯя, ки барои ифодаи диаграммаи схематикии [103] мувозинатҳои фазагии системаи таҳқиқшаванда дар сатҳи секомпонентагӣ истифода бурда шудааст, акс ёфтааст (рас. 32). Дар он ҳамаи шаклҳои геометрии имконпазир инъикос ёфтаанд: 3 нуқтаҳои нонвариантӣ, 5 майдонҳои дивариантӣ ва 7 хатҳои моновариантӣ, ки табиати гуногуни ҳосилшавӣ доранд [54-56].



Расми 36. - Диаграммаи сарбастии сатҳи се-чоркомпонентагии комплекси фазагии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

Таркиби фазаи таҳшинии хатҳои моновариантӣ, ки дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ҳосил

шудаанд, бо таркиби фазаи таҳшинии ба нуқтаҳои нонвариантии транслятсияшуда мувофиқат мекунанд. Таркиби фазаҳои саҳти мувозинатии ҳаҷҳои моноварианти, ки дар байни нуқтаҳои нонвариантии саҳти чоркомпонентагӣ мегузаранд, чунин аст:



Контури майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои саҳти индивидуалӣ дар ҷадвали 32 оварда шудаанд.

Ҷадвали 32. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контури майдонҳои дивариантии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

№ р/т	Майдони фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграммаи (рас.36.)
1.	Nh	
2.	Gp	
3.	Mib	
4.	CaH	
5.	Gb	

Ҳамин тариқ, муқоисаи фазаҳосилшавии системаи чоркомпонентаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 273 ва 298 К чунин натиҷаҳои назаррасро дод:

Изотерма, К	273	298
Нуқтаҳои нонварианти	2	3
Хатҳои моноварианти	5	7
Майдонҳои диварианти	4	5

3.6. Фазаҳосилшавӣ дар системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O

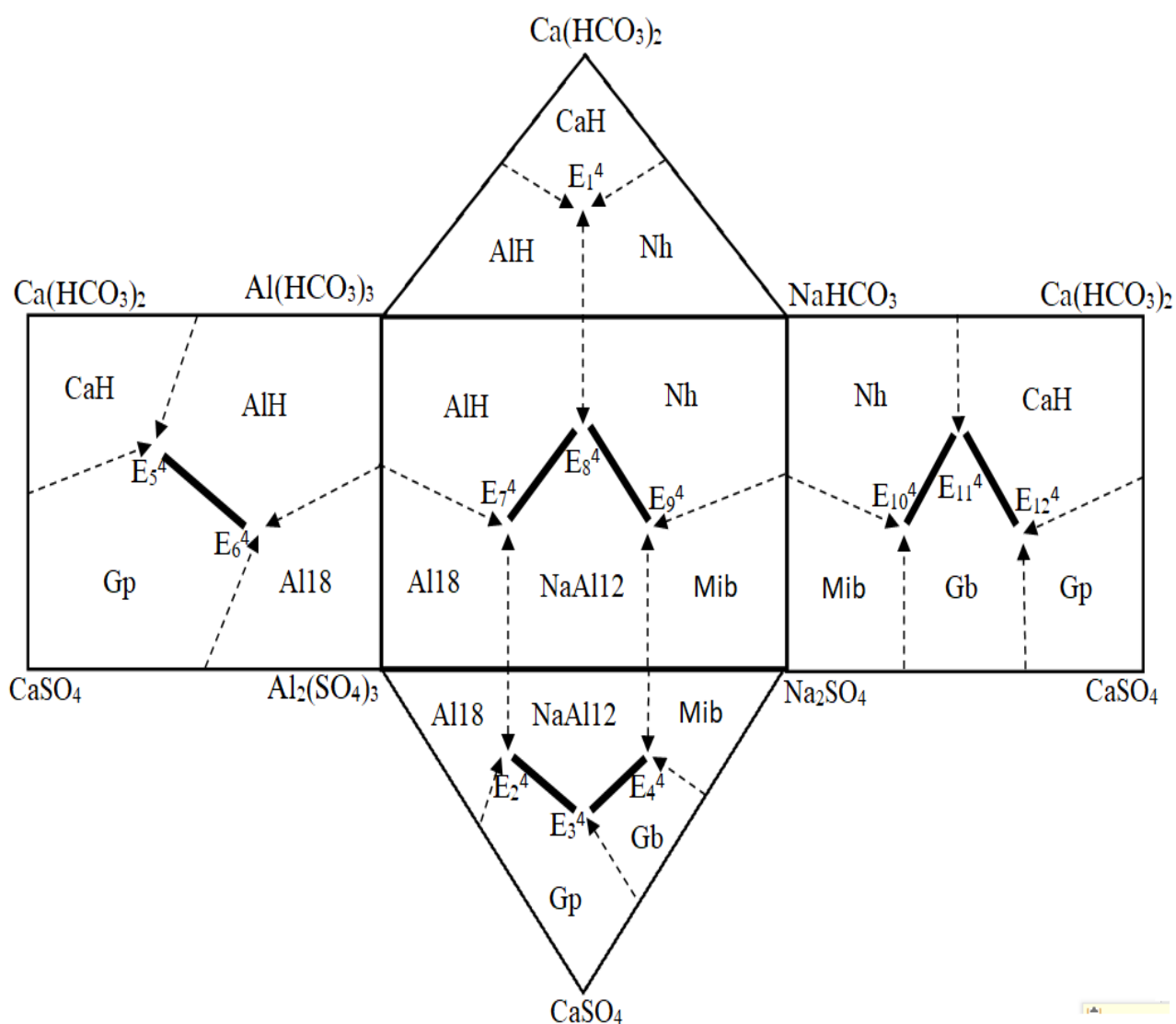
Дар боло ҳолати омӯзиши фазаҳосилшавиро дар сатҳи чоркомпонентагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O баррасӣ намудем, ки барои системаи панҷкомпонентаи таҳқиқшаванда нуқтаҳои нонвариантии зерин ва фазаҳои саҳти дар мувозинатбудаашон хос мебошанд (ҷадв. 33).

Ҷадвали 33. - Нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К

Нуқтаҳои нонварианти	Система	Фазаҳои саҳти дар мувозинат буда
E_1^4	Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O	$\text{Nh} + \text{CaH} + \text{AlH}$
E_2^4 E_3^4 E_4^4	Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O	$\text{NaAl} \cdot 12 + \text{Gp} + \text{Al} \cdot 18$ $\text{NaAl} \cdot 12 + \text{Gp} + \text{Gb}$ $\text{NaAl} \cdot 12 + \text{Mib} + \text{Gb}$
E_5^4 E_6^4	Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	$\text{Gp} + \text{CaH} + \text{AlH}$ $\text{Gp} + \text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$
E_7^4 E_8^4 E_9^4	Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	$\text{NaAl} \cdot 12 + \text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$ $\text{Nh} + \text{AlH} + \text{NaAl} \cdot 12$ $\text{NaAl} \cdot 12 + \text{Mib} + \text{Nh}$
E_{10}^4 E_{11}^4 E_{12}^4	Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O	$\text{Mib} + \text{Nh} + \text{Gb}$ $\text{Nh} + \text{CaH} + \text{Gb}$ $\text{Gb} + \text{CaH} + \text{Gp}$

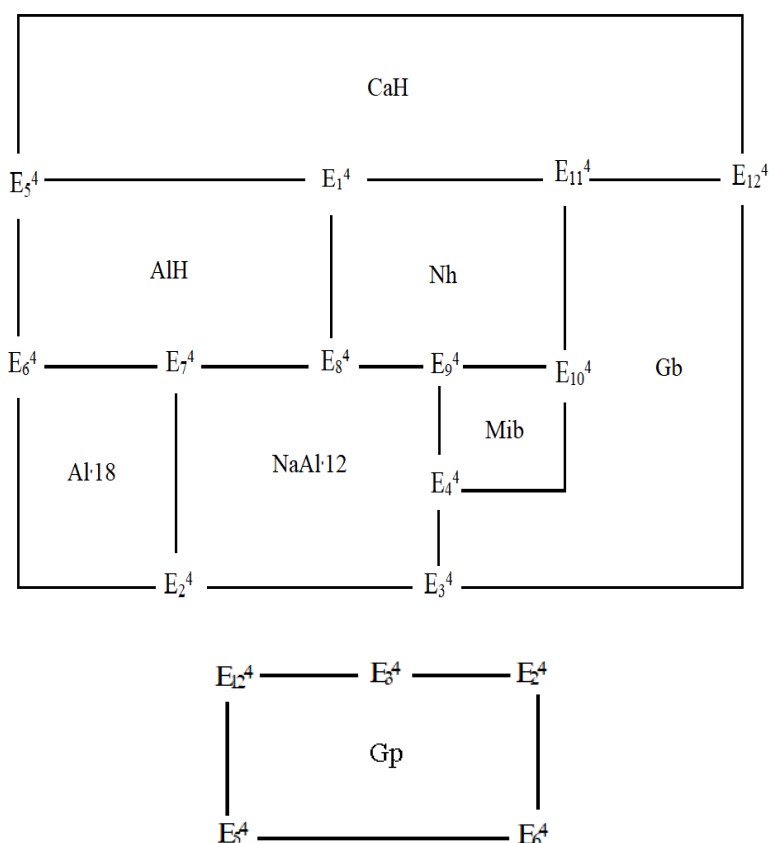
Чи тавре ки аз маълумоти ҷадвали 33 бармеояд, системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O барои ҳарорати 298 K дар сатҳи чоркомпонентагӣ 12 нуқтаҳои нонварианти хос мебошанд.

Дар расми 37 қисми намакии диаграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар сатҳи чоркомпонентагӣ оварда шудааст. Дар расми 37 барои тасвири сохтори диаграммаи ин система призмаи кушода истифода шудааст, ки дар он сохтори элементҳои системаи таҳқиқшавандаро дар сатҳи чор-панҷкомпонентагӣ ҷойгир кардан имкон дорад.



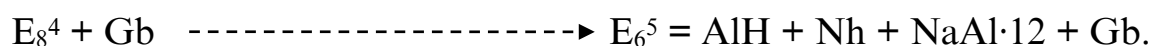
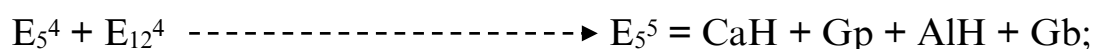
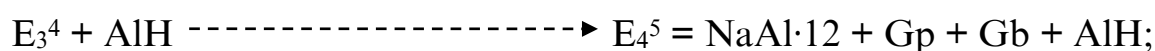
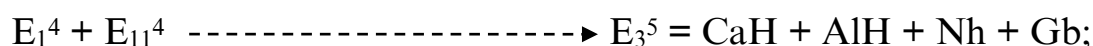
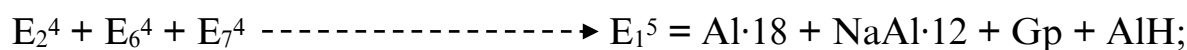
Расми 37. - Системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O . Диаграммаи фазаҳосилшавӣ ҳамчун «Призмаи кушода» барои ҳарорати 298 K дар сатҳи 4-компонентагӣ

Чун баъзе аз фазаҳои саҳти мувозинатии системаи таҳқиқшаванда дар якҷанд системаҳои чоркомпонента кристаллизатсия мешаванд, бинобар якҷоякунии майдонҳои онҳо сохтори диаграммаро нисбатан соддатар мегардонад, вале дар баробари ин маълумотро умуман тағйир намедихад. Чунин диаграммаи схематикӣ мувозинатҳои фазагӣ [103] системаи омӯхташавандаро барои ҳарорати 298 К дар расми 38 ҷой додем.



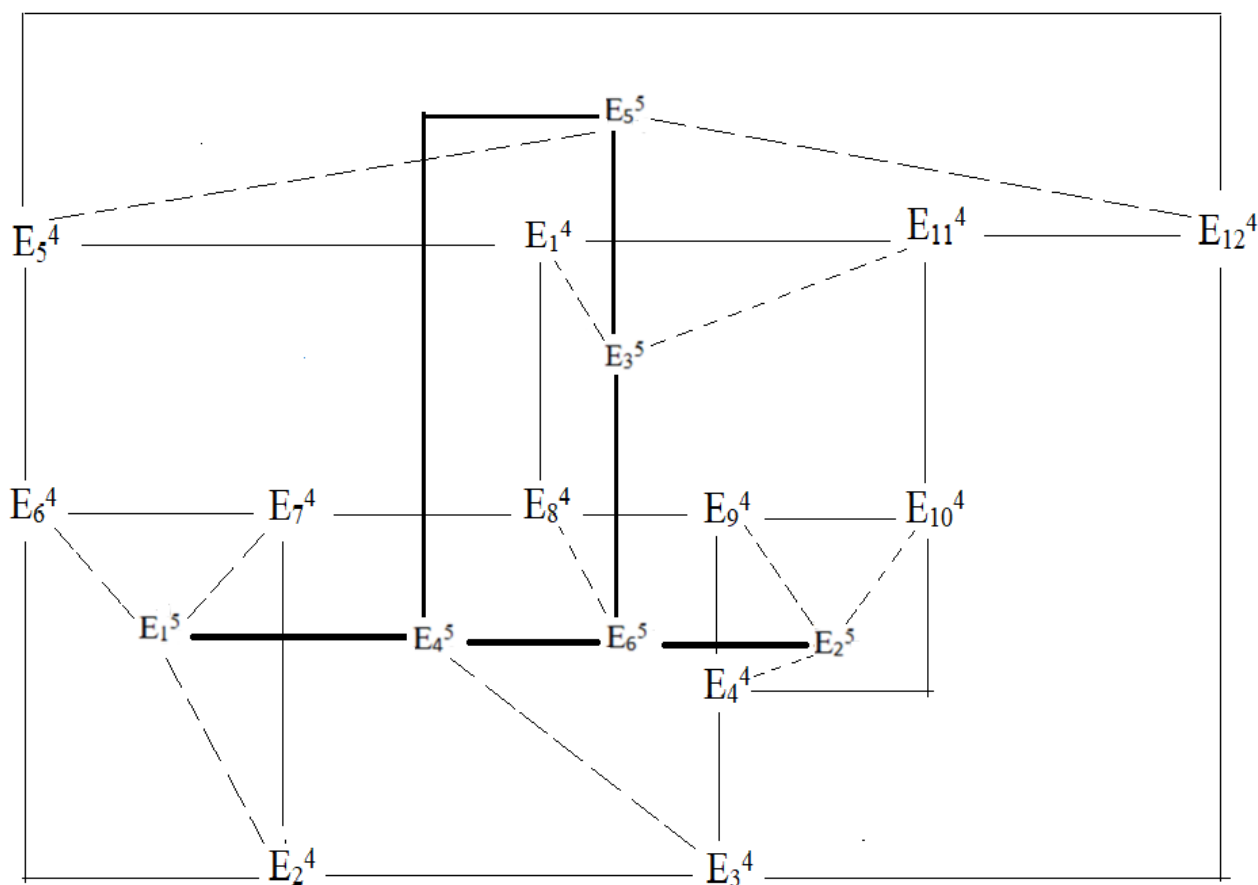
Расми 38. - Диаграммаи схематикӣ фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои ҳарорати 298 К дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Истифодаи усули транслятсия [54-56] нишон медиҳад, ки дар сатҳи панҷкомпонентагӣ онҳо нуқтаҳои нонвариантии зеринро ҳосил мекунанд:



Аз нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷи дар натиҷаи транслятсия ҳосилшуда, дутоаш (E_1^5 ва E_2^5) дар натиҷаи транслятсияи сетарафа, дутои дигараш (E_3^5 ва E_5^5) дар натиҷаи транслятсияи дутарафа ва дутои боқимондаи дигар (E_4^5 ва E_6^5) дар натиҷаи транслятсияи яктарафа ҳосил шудаанд. Онҳо ба принципҳои асосии таҳлили физико-химиявӣ мувофиқат мекунад [1].

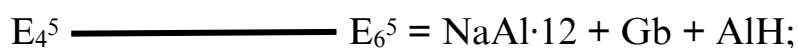
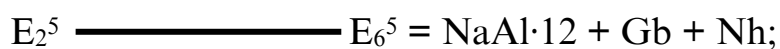
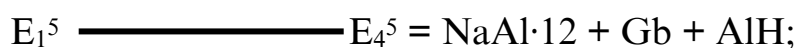
Аввалин маротиба аз ҷониби мо [127] бо ёрии усули транслятсия фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O омӯхта шуда, диаграммаи он дар ҳарорати 298 К сохта шудааст (расми 39). Инчунин дар он бо дар назардошти ҳамаи нуқтаҳои нонвариантии имконпазир нишон дода шудааст.



Расми 39. - Системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К дар сатҳи чор-панҷкомпонентагӣ. Диаграммаи фазаҳосилшавии он

Дар диаграмма ҳамаи шаклҳои геометрии системаҳои чоркомпонентаи алоҳида ва система панҷкомпонентаи умумӣ, ки ба принципи мутобиқат [2] иттоат мекунад, ҷойгир карда шудааст.

Таҳлили сохтори диаграммаи сохташуда нишон медиҳад, ки он дар сатҳи панҷкомпонентагӣ ба ғайр аз 6 нуқтаҳои нонварианти, ки таркиби фазаҳои саҳти мувозинатиашон дар боло омадаст, инчунин бо мавҷудияти 18 хатҳои моноварианти, ки 12 - тои онҳо дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ (онҳо ба шакли хатҳои пунктирии самтдор, ки самти транслятсияро муайян мекунад, ифода ёфтаанд) хос мебошад. Таркиби фазаҳои саҳти онҳо бо таркиби фазаҳои саҳти дар мувозинатбудаи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагии транслятсияшудаи болозикр мувофиқат мекунад. 6 хатҳое, ки аз байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонентагӣ мегузаранд, дорои чунин фазаҳои саҳти мувозинатӣ мебошанд:



Системаи таҳқиқшаванда дар сатҳи панҷкомпонентагӣ бо мавҷудияти 19 майдонҳои диварианти, ки дар натиҷаи транслятсияи хатҳои моновариантии сатҳи чоркомпонентагӣ ба сатҳи панҷкомпонентагӣ ҳосил шудаанд, хос мебошад.

Барои соддатар намудани хондани диаграммаи сохташуда майдонҳои дивариантии он, ки контури онҳо дар ҷадвали 34 оварда шудааст, фрагментатсия карда шудаанд. Сохтори системаи панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $Al^{3+} \parallel SO_4^{2-}$, $HCO_3^- - H_2O$ дар ҳарорати 298 К дар [127] аз ҷониби мо омӯхта шуда, натиҷаи асосии он дар [131] баррасӣ шудааст.

Ҷадвали 34. – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва контури майдонҳои
дивариантии системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К

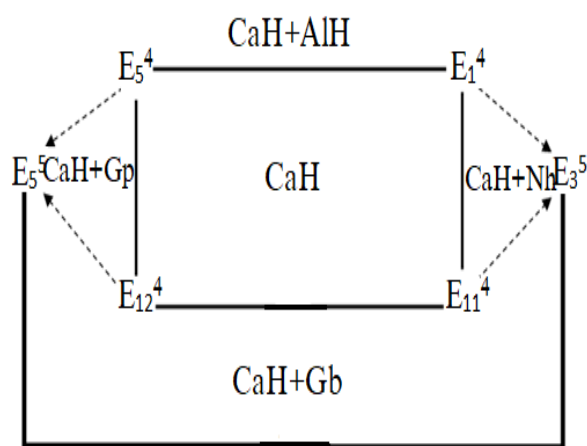
Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграммаи (рас. 36)	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контури майдонҳо дар диаграммаи (рас. 39.)
1	2	3	4
$\text{CaH} + \text{AlH}$		$\text{Gp} + \text{AlH}$	
$\text{CaH} + \text{Nh}$		$\text{CaH} + \text{Gp}$	
$\text{AlH} + \text{Nh}$		$\text{AlH} + \text{Al} \cdot 18$	
$\text{NaAl} \cdot 12 + \text{Gp}$		$\text{AlH} + \text{NaAl} \cdot 12$	
$\text{Al} \cdot 18 + \text{Gp}$		$\text{Nh} + \text{NaAl} \cdot 12$	
$\text{Al} \cdot 18 + \text{NaAl} \cdot 12$		$\text{Nh} + \text{Mib}$	
$\text{NaAl} \cdot 12 + \text{Gb}$		$\text{Nh} + \text{Gb}$	
$\text{Mib} + \text{Gb}$		$\text{CaH} + \text{Gb}$	

			Давоми ҷадвали 34
1	2	3	4
Mib+NaAl·12	$\begin{array}{ccc} E_4^4 & \text{-----} & E_2^5 \\ & & \uparrow \\ E_9^4 & \text{-----} & \end{array}$	Gp + Gb	$\begin{array}{ccc} E_{12}^4 & \text{-----} & E_5^5 \\ & & \\ E_3^4 & \text{-----} & E_4^5 \end{array}$
		Al·18 + Gb	$\begin{array}{ccc} E_4^5 & \text{-----} & E_5^5 \\ & & \\ E_6^5 & \text{-----} & E_3^5 \end{array}$

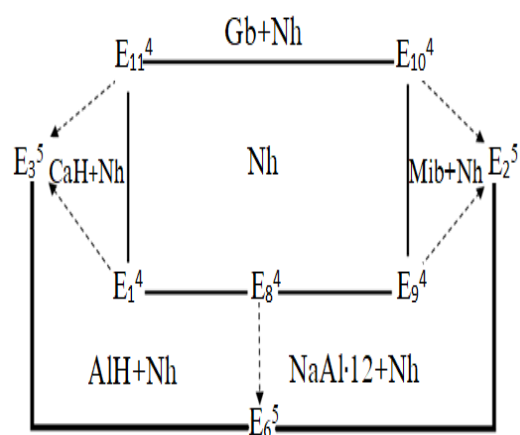
Таҳлили сохтори диаграммаи сохташудаи системаи таҳқиқшаванда дар ҳарорати 298 К нишон медиҳад, ки адади зиёди майдонҳои кристаллизатсияи якҷояро бо дигар фазаҳо AlH ва NaAl·12 (мувофиқан 7 ва 6) ҳосил мекунанд. Ин шаҳодати онро медиҳад, ки майдони кристаллизатсияи ин пайвастагиҳо қисми зиёди системаи таҳқиқшавандаро ишғол мекунанд.

Ҳангоми ҳалли масъалаҳои конкретии амалӣ, диаграммаи схематикӣ фазаҳосилшавии системаи панҷкомпонентаи тадқиқшаванда дар ҳама дараҷаи вариантҳои система метавонад аз рӯи минтақаи кристаллизатсияи пайвастагиҳои алоҳида фрагментатсия карда шавад.

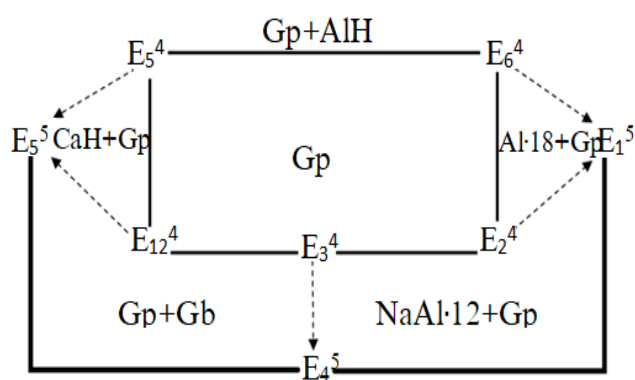
Дар расми 40 фрагменти мувозинатҳои фазагии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К дар доираи парагенези фазаҳои алоҳида бо дигар фазаҳо оварда шудааст.



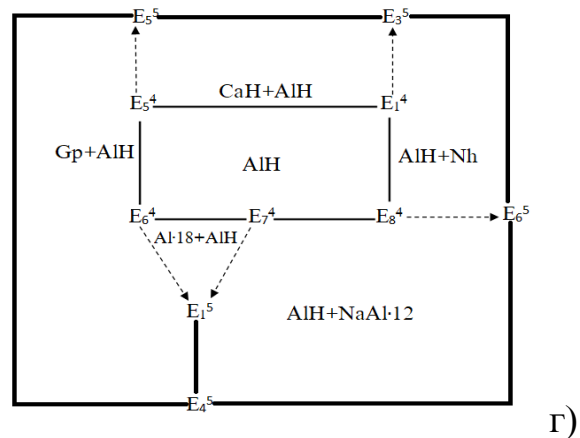
a)



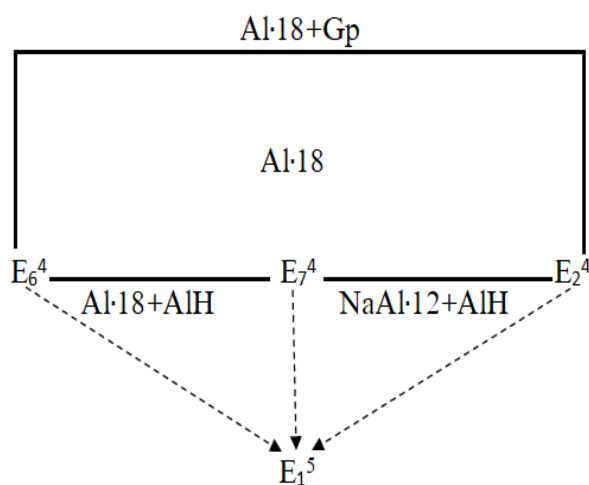
б)



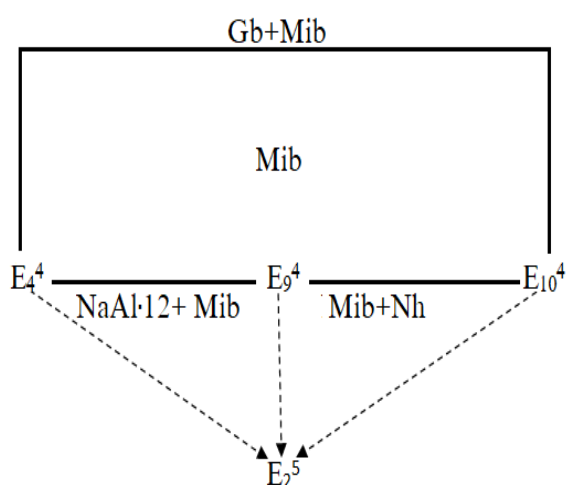
в)



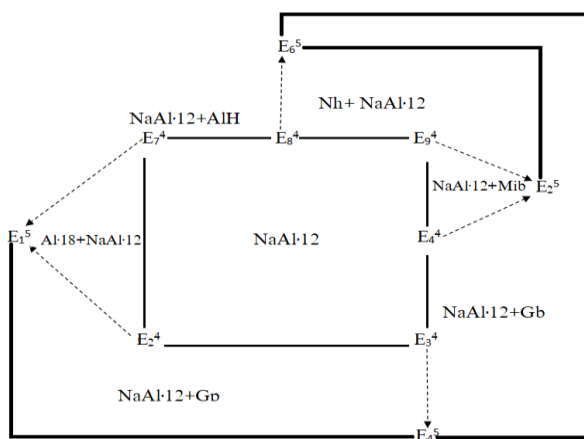
г)



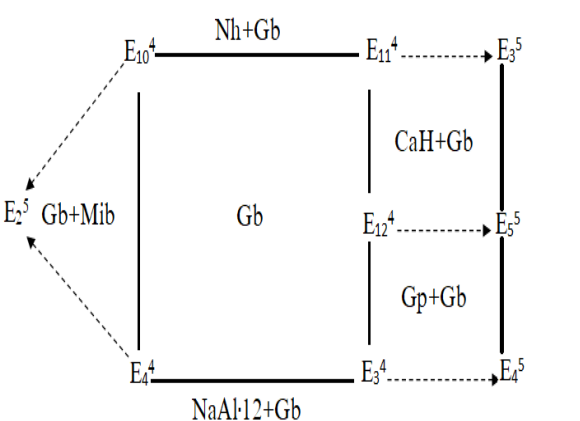
д)



е)



ë)



ж)

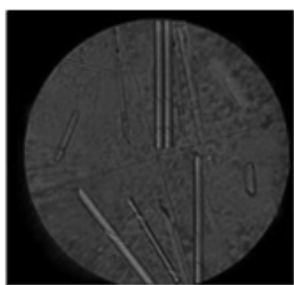
Расми 40. - Фрагменти алоҳидаи даграммаи фазаҳосилшавии системаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 298 К дар сатҳи парагенези фазаҳои алоҳида бо дигар фазаҳо: а) CaH; б) Nh; в) Gp; г) AlH; д) Al·18; е) Mib; ë) NaAl·12; ж) Gb.

3.7. Ҳалшавандагӣ дар нуктаҳои нонвариантии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар изотермаи 298 К

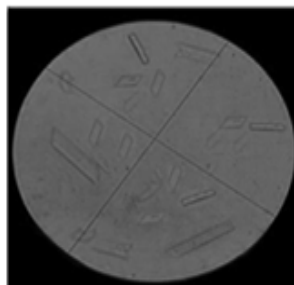
Натиҷаи таҳлили адабиёти боби аввали кори диссертатсионӣ нишон дод, ки оиди ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазагии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O маълумот вучуд надорад ва онро дар [91-92] мушоҳида намудан низ мумкин аст. Қисмҳои таркибии системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O сулфатҳои натрий ва калтсий, инчунин гидрокарбонатҳои натрий ва калтсий мебошанд, ки дар ҳарорати 298 К ба намуди $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gr); $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (CaH); $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (Mib); NaHCO_3 (Nh) ва $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ (Gb) кристаллизатсия мешаванд.

Бо тариқи эксперименталӣ таҳқиқи ҳалшавандагӣ дар элементҳои геомертии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O , ки бо усули транслятсия сохта будем реагентҳои зеринро истифода намудем: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (т); $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (т); $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (т) ва NaHCO_3 (т).

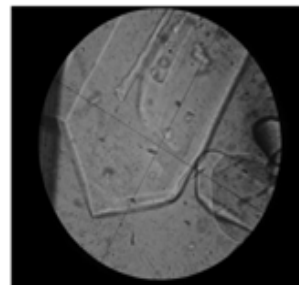
Таҷрибаҳо дар маҳлулҳои моделӣ гузаронида шуданд ва ба шартҳои усули транслятсия дар системаҳои чоркомпонента мувофиқат мекунанд. Ҳарорати омехтаро бо ёрии термостати маркаи LT-TWC/22 ба роҳ монда, он тавассути ҳароратсанчи контакти доимӣ нигоҳ дошта, бо ёрии омехтакунаки PD – 09 то ба мувозинат омадани маҳлул омехта намудем. Кристаллизатсияи фазаҳои сахтро бо ёрии микроскопи рақамии тамғаи «ПОЛАМ – Р 311» мушоҳида намуда, бо ёрии аксбардори «SONY Alpha ILCE-7M3 body» аксгирӣ намудем. Баъди ба даст омадани ҳолати мувозинатии (таркиби доимии таҳшинии кристаллизатсияшуда) фазаи сахт аз маҳлули сершуда бо филтронӣ дар воронкаи Бюхнер дар зери вакуум бо шустани минбаъдаи он бо спирти этилии 96% ҷудо карда шуд. Пеш аз таҳлил он дар ҷевони хушккунак дар ҳарорати 120 °С хушконида шуд. Таҳлили химиявии фазаи моеъро бо усулҳои маълуме, ки дар қорҳои [116-123] оварда шудааст ва таҳлили кристаллооптикий вайро мувофиқи адабиёти [107-111] таҳлил намудем. Натиҷаҳои таҳлили кристаллооптикий системаи чоркомпонентаи муовизаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К дар расми 41 оварда шудааст.



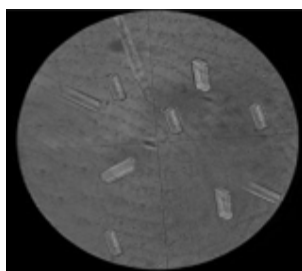
CaH



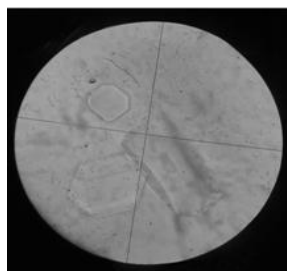
Gp



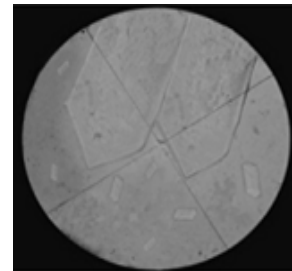
Mib



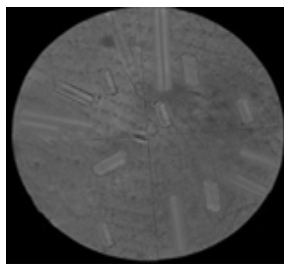
Nh



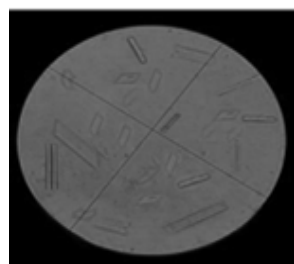
Gb



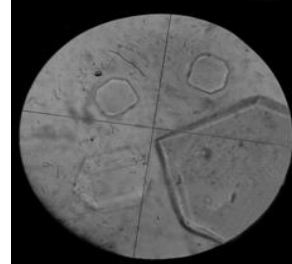
Mib+Nh



Nh+CaH



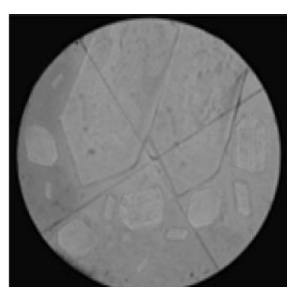
CaH+Gp



Mib+Gb



Gb+Gp



Mib+Gp+Gb



CaH+Gp+Gb



Nh+Gb+CaH

Расми 41. – Микроаксҳои фазаҳои саҳти мувозинатии системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар ҳарорати 298 К

Системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аз чунин зерсистемаҳои секомпонента иборат аст: Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$ - H_2O , Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^-$ - H_2O , $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O ва $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O .

Мувофиқи маълумотҳое, ки бо ёрии усули транслятсия бадастоварда шудааст, системаи таҳқиқшаванда дар сатҳи секомпонентагӣ дорои чор нуқтаҳои нонвариантии ба сатҳи чоркомпонентагӣ транслятсия шуда, 3 нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагиро ҳосил мекунанд.

Дар ҷадвали 35 маълумотҳо оиди ҳалшавандагӣ дар нуқтаҳои нонварианти дар сатҳи секомпонентагӣ, ки аз адабиёти [89-90] ва дар сатҳи чоркомпонентагӣ, ки аз тарафи мо пешниҳод шудааст, оварда шудааст.

Ҷадвали 35. – Системаи тартиби дуҷуми Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O .

Ҳалшавандагии дар шаклҳои геометрии система дар ҳарорати 298 К

№	Таркиби фазаи моеъ, мас.бо%					Таркиби фазаи сахт
	NaHCO_3	Na_2SO_4	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4	H_2O	
1	2	3	4	5	6	7
e_1	9.310	-	-	-	90.690	Nh
e_2	-	21.900	-	-	78.100	Mib
e_3	-	-	0.0160	-	99.984	CaH
e_4	-	-	-	0.219	99.780	Gp
E_1^3	4.160	20.680	-	-	75.160	Mib+Nh
E_2^3	4.890	-	0.0109	-	95.090	Nh+CaH
E_3^3	-	-	0.0168	0.186	99.797	CaH+Gp
E_4^3	-	21.750	-	0.197	78.050	Mib+Gp
E_5^3	-	25.780	-	0.188	74.030	Gb+Gp
E_1^4	5.200	28.380	-	0.270	66.150	Mib+Nh+Gb
E_2^4	-	25.140	0.0136	0.184	74.660	Gb+CaH+Gp
E_3^4	7.120	24.400	0.0163	-	68.460	Nh+CaH+Gb

$$\frac{\text{NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{9,310+90,690}_{100\%}} \quad l_1(\text{NaHCO}_3) = \frac{9,310 \cdot 100}{9,310+(90,690:5)} = \frac{931}{27,448} = 33,918$$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{21,900+78,100}_{100\%}} \quad l_2(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{21,900 \cdot 100}{21,900+(78,100:5)} = \frac{2190}{37,52} = 58,368$$

$$\frac{\text{Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{0,0160+99,984}_{100\%}} \quad l_3(\text{Ca(HCO}_3)_2) = \frac{0,0160 \cdot 100}{0,0160+(99,984:5)} = \frac{1,6}{20,012} = 0,0799$$

$$\frac{\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}}{\underbrace{0,219+99,780}_{100\%}} \quad l_4(\text{CaSO}_4) = \frac{0,219 \cdot 100}{0,219+(99,780:5)} = \frac{21,9}{20,175} = 1,0855$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 = 4,160 \\ \text{Na}_2\text{SO}_4 = 20,680 \\ \text{H}_2\text{O} = 75,16:5 = 15,032 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 24,84 \\ 39,872 \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{NaHCO}_3) = \frac{4,160 \cdot 100}{24,84} = \frac{416}{24,84} = 16,747 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{15,032 \cdot 94,5}{39,872} = \frac{1420,52}{39,872} = 35,627 \end{array}$$

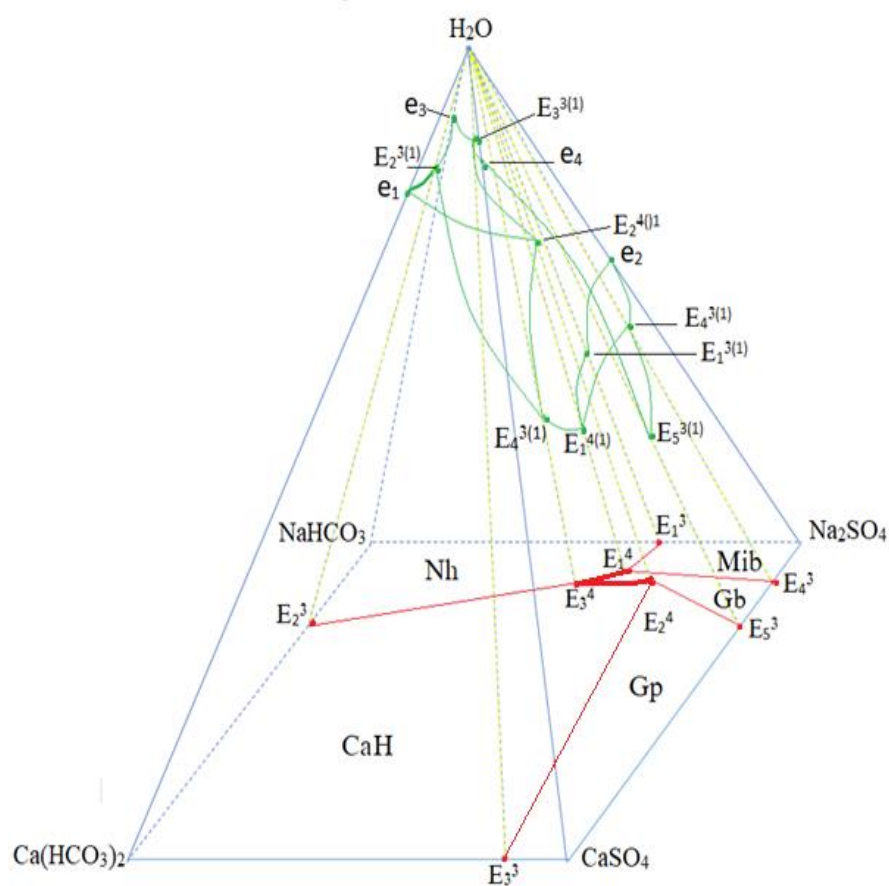
$$\left. \begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 = 4,890 \\ \text{Ca(HCO}_3)_2 = 0,0109 \\ \text{H}_2\text{O} = 95,099:5 = 19,019 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 4,900 \\ 23,919 \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{NaHCO}_3) = \frac{4,890 \cdot 100}{4,900} = \frac{489}{4,900} = 99,795 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{19,019 \cdot 103}{23,919} = \frac{1958,95}{23,919} = 81,899 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ca(HCO}_3)_2 = 0,0168 \\ \text{CaSO}_4 = 0,186 \\ \text{H}_2\text{O} = 99,798:5 = 19,959 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0,202 \\ 20,161 \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{Ca(HCO}_3)_2) = \frac{0,0168 \cdot 100}{0,202} = \frac{1,68}{0,202} = 8,316 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{19,959 \cdot 191}{20,161} = \frac{3812,16}{20,161} = 189,086 \end{array}$$

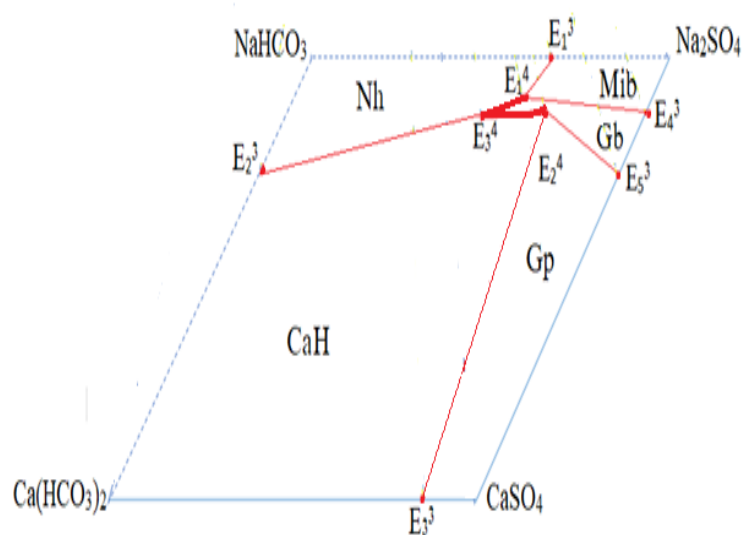
$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 21,750 \\ \text{CaSO}_4 = 0,197 \\ \text{H}_2\text{O} = 78,053:5 = 15,610 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 21,947 \\ 37,557 \end{array} \quad \begin{array}{l} l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{21,750 \cdot 100}{21,947} = \frac{2175}{21,947} = 99,102 \\ l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{15,610 \cdot 105}{37,557} = \frac{1639,05}{37,557} = 43,641 \end{array}$$

$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 25,780 \\ \text{CaSO}_4 = 0,188 \end{array} \right\} 25,968$	$\left. \begin{array}{l} 25,968 \\ 40,774 \end{array} \right\}$	$l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{25,780 \cdot 100}{25,968} = \frac{2578}{25,968} = 99,276$
$\text{H}_2\text{O} = 74,032:5 = 14,806$		$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{14,806 \cdot 102}{40,774} = \frac{1510,212}{40,774} = 37,038$
$\left. \begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 = 5,200 \\ \text{Na}_2\text{SO}_4 = 28,380 \end{array} \right\} 33,58$	$\left. \begin{array}{l} 33,58 \\ 33,85 \\ 47,08 \end{array} \right\}$	$l(\text{NaHCO}_3) = \frac{5,200 \cdot 100}{33,58} = \frac{520}{33,58} = 15,485$
$\text{CaSO}_4 = 0,270$		$l(\text{CaSO}_4) = \frac{0,270 \cdot 100}{33,85} = \frac{27}{33,85} = 0,779$
$\text{H}_2\text{O} = 66,15:5 = 13,23$		$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{13,23 \cdot 95}{47,08} = \frac{1256,85}{47,08} = 26,696$
$\left. \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 25,140 \\ \text{CaSO}_4 = 0,184 \end{array} \right\} 25,324$	$\left. \begin{array}{l} 25,324 \\ 25,337 \\ 40,269 \end{array} \right\}$	$l(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{25,140 \cdot 100}{25,324} = \frac{2514}{25,324} = 99,273$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 0,0138$		$l(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{0,0138 \cdot 100}{25,337} = \frac{1,38}{25,337} = 0,05$
$\text{H}_2\text{O} = 74,663:5 = 14,932$		$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{14,329 \cdot 103}{40,269} = \frac{1537,996}{40,269} = 38,193$
$\left. \begin{array}{l} \text{NaHCO}_3 = 7,120 \\ \text{Na}_2\text{SO}_4 = 24,400 \end{array} \right\} 31,52$	$\left. \begin{array}{l} 31,52 \\ 31,53 \\ 45,222 \end{array} \right\}$	$l(\text{NaHCO}_3) = \frac{7,120 \cdot 100}{31,52} = \frac{712}{31,52} = 22,588$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 0,0163$		$l(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{0,0163 \cdot 100}{31,53} = \frac{1,63}{31,53} = 0,05$
$\text{H}_2\text{O} = 68,463:5 = 13,692$		$l(\text{H}_2\text{O}) = \frac{13,692 \cdot 93}{45,222} = \frac{1273,35}{45,222} = 28,157$

Дар асоси маълумотҳои ҷадвали 35 аввалин маротиба диаграммаи ҳалшавандагии системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O дар 298 К сохта шуда [126], дар расми 42 а) қисми обӣ-намакӣ ва б) қисми намакӣ пешниҳод карда шудааст. Барои гуворо ҷойгир шудани мавқеи элементҳои геометрии диаграммаи ҳолати таносуби моддаҳо 1:5 қабул карда шудааст.



а)



б)

Расми 42. – Диаграммаи ҳалшавандагии системаи иборат аз ионҳои калсий, натрий сулфат, гидрокарбонат ва об дар изотермаи 298 К: а) қисми обӣ-намакӣ; б) қисми намакӣ

Аз таҳқиқи даиаграмма аён аст, ки нуқтаи фигуративӣ ба пайвастшавии остови координатӣ (тарафҳои чоркунча) ва омехтаи дохили диаграмма мувофиқ аст.

Чихеле ки аз расми 42 диаграммаи системаи чоркомпонентаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар изотермаи 298 К бармеояд, майдони кристаллизатсияи гидрокарбонати калтсий $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ қисми зиёди онро ишғол мекунад, ки ин ба ҳалшавандагии ками $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ нисбат ба дигар фазаҳои саҳти мувозинатӣ дар шароити овардашуда, инчунин мирабилит ҳаҷми хурди диаграммаи системаро ишғол кардааст, далели ҳалшавандагии зиёд доштани намаки мирабилитро ифода мекунад.

Шарҳи шаклҳои геометрӣ (майдонҳои дивариантӣ, хатҳои моновариантӣ ва нуқтаҳои нонвариантӣ) - и системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои изотермаи 298 дар ҷадвали 36 оварда шудааст.

Ҷадвали 36. – Шарҳи мавҷудияти шаклҳои геометрии системаи

Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ дар изотермаи 298 К

Ифодаи шаклҳои геометрӣ	Шарҳи аломатҳо
1	2
e_1	Ҳалшавандагии гидрокарбонати калтсий дар об
e_2	Ҳалшавандагии сулфати натрий дар об
e_3	Ҳалшавандагии гидрокарбонати натрий дар об
e_4	Ҳалшавандагии сулфати калтсий дар об
E_1^3	Кристаллизатсияи якҷояи $\text{Mib} + \text{Nh}$ дар системаи $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
E_2^3	Кристаллизатсияи якҷояи $\text{Nh} + \text{CaH}$ дар системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
E_3^3	Кристаллизатсияи якҷояи $\text{CaH} + \text{Gr}$

	<i>Давоми ҷадвали 36</i>
1	2
	дар системаи $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
E_4^3	Кристаллизатсияи якҷояи Mib+Gb дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
E_5^3	Кристаллизатсияи якҷояи Gb+Gr дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
E_1^4	Кристаллизатсияи якҷояи Nh+Mib+Gb дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel$ $\text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
E_2^4	Кристаллизатсияи якҷояи CaH+Gb+Gr дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel$ $\text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
E_3^4	Кристаллизатсияи якҷояи Nh+Gb+CaH дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel$ $\text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
$\text{E}_1^3 \text{ ————— } \text{E}_1^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи Mib+Nh дар системаи $\text{Na}^+ \parallel \text{SO}_4^{2-},$ $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
$\text{E}_2^3 \text{ ————— } \text{E}_3^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи Nh+CaH дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel$ $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
$\text{E}_5^3 \text{ ————— } \text{E}_2^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи CaH+ дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
$\text{E}_4^3 \text{ ————— } \text{E}_1^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи Mib+Gb дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel$ $\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$
$\text{E}_1^4 \text{ ————— } \text{E}_3^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи Nh+Gb дар системаи $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-},$ $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$

	<i>Давоми ҷадвали 36</i>
1	2
$E_2^4 \text{ — } E_3^4$	Хати кристаллизатсияи якҷояи $\text{CaH} + \text{Gb}$ дар системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$
$\text{NaHCO}_3 E_1^3 E_1^4 E_3^4 E_2^3 \text{ NaHCO}_3$	Майдони кристаллизатсияи Nh
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 E_2^3 E_3^4 E_2^4 E_3^3 \text{ Ca}(\text{HCO}_3)_2$	Майдони кристаллизатсияи CaH
$\text{Na}_2\text{SO}_4 E_1^3 E_1^4 E_4^3 \text{ Na}_2\text{SO}_4$	Майдони кристаллизатсияи Mib
$\text{CaSO}_4 E_3^3 E_2^4 E_5^3 \text{ CaSO}_4$	Майдони кристаллизатсияи Gr
$E_4^3 E_1^4 E_3^4 E_2^4 E_5^3 E_4^3$	Майдони кристаллизатсияи Gb
(I)	Ифодаи мавқеи нуқтаи фигуративии системаи дода шуда дар қисми обӣ-намакии диаграмма

Чи хеле ки қайд карда шуд, ба мувозинат омадани фазаҳои сахт дар системаи чоркомпонентаи таҳқиқшаванда бо усули кристаллооптикӣ [92-94], яъне назорати фазаҳои сахти мувозинатӣ бо ёрии микроскоп ва аксгирак амалӣ карда шуд. Дар расми 41 микрофотографияҳои фазаҳои сахти индивидуалӣ ва кристаллизатсияи якҷояи онҳо дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳҳои се ва чоркомпонента оварда шудааст.

Ҳамин тавр, натиҷаҳои омӯзиши фазаҳосилшавӣ ва ҳалшавандагӣ дар системаи Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои изотермаи 298 К ва сохтори диаграммаи он нишон медиҳад, ки майдони кристаллизатсияи CaH ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), дар шароити додашуда қисми зиёди диаграммаро ишғол мекунад, ки он далели камҳалшавандагиаш мебошад. Ҳамзамон қимматҳои ноилгардидаи таҳқиқоти илмӣ тавассути усулҳои кристаллооптикӣ ва химиявии таҳлил тасдиқ гардидааст, ки онро дар регенератсияи партовҳои моеъи саноати истеҳсоли алюминий, ки дорои сулфатҳо ва гидрокарбонатҳои натрий ва калтсий мебошанд, истифода намудан мумкин аст.

ХУЛОСАҲОИ УМУМӢ

1. Фазаҳосилшавии системаи физико-химиявии муовизаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$, зерсистемаҳои чоркомпонентаи онро ташкилкунандаи: Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$; Na^+ , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ва Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ барои изотермаҳои 273 ва 298 К пешгӯӣ карда шуда, маротибаи аввал диаграммаҳои сарбастаи онҳо сохта шудааст [5-М, 7-М, 9-М, 10-М].
2. Ҳамаи фазаҳосилшавӣ дар шаклҳои геометрии системаи таҳқиқшаванда муайян гардид. Инъикос шуд, ки: майдонҳои дивариантӣ 12 ва 19; хатҳои моновариантӣ 10 ва 18; нуқтаҳои нонвариантӣ 3 ва 6 барои системаи физико-химиявии тартиби дуҷуми панҷкомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ ҳамчун ифодаҳои геометрӣ мутаносибан барои изотермаҳои 273 ва 298 К ба назар мерасанд [8-М, 11-М].
3. Ҳамаи диаграммаҳои фазаҳосилшавӣ (комплекси фазагӣ)-и системаи бисёркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ бо усули тарнслятсия сохташуда ба майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои алоҳида (сатҳи чоркомпонентагӣ) ва майдонҳои кристаллизатсияи ду фаза (сатҳи панҷкомпонентагӣ) фрагментатсия карда шудаанд [11-М, 12-М].
4. Ҳалшавандагии системаҳои чоркомпонентаи: Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ (273 К) ва Na^+ , $\text{Ca}^{2+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ (273 ва 298 К) омӯхта шуда, аввалин шуда диаграммаи ҳолатии онҳо сохта шудаанд. Далелҳои ноилгаштаи ҳалшавандагии илмӣ тавассути усулҳои рентгенофазавӣ, кристаллооптикӣ ва химиявии таҳлил тасдиқ гардидаанд, қомилан бо далелҳои, ки бо усули тарнслятсия ба даст оварда шудаанд, мувофиқат мекунанд. Дар асоси диаграммаи мазкур схемаи принципалии технологӣ тартиб дода шудааст [3-М, 4-М, 5-М, 12-М].
5. Натиҷаҳои ноилгаштаи назариявӣ ва таҷрибавӣ метавонад ҳамчун маводи маълумотномавӣ барои таҳқиқи системаҳои бисёркомпонента истифода шавад. Инчунин он ҳамчун асоси илмӣ қоркарди ашёи табиӣ полиминералӣ ва техникаи мураккаби аз сульфатҳо ва гидрокарбонатҳои натрий, калтсий ва алюминий ташкилёфта буда метавонад [1-М, 2-М, 5-М, 6-М, 11-М].

Тавсияҳо оиди истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот

Дониستاني қонуниятҳои фазаҳосилшавӣ дар системаи бисёркомпонентаи Na^+ , Ca^{2+} , $\text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}$, HCO_3^- - H_2O аз муҳимтаринҳо ба шумор меравад. Чунки қисми таркибии системаи болозикрро мирабилит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), нахколит (NaHCO_3), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), гидрокарбонати калтсий ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), октагидрати сульфати алюминий ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) ва гидрокарбонати алюминий ($\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$) ташкил дода, онҳо вобаста ба самти истифобарӣ дар саноат аз муҳимтаринҳо ба шумор мераванд. Онҳоро метавонанд: сульфати натрийи беоб дар саноати шишабарорӣ, истеҳсоли шуяндаҳои моеъ, саноати чармгарӣ ва ғ, гидрокарбонати натрий дар саноати химиявӣ, хӯрокворӣ, тиб ва ғ, сульфати калтсий дар истеҳсолоти гачбарорӣ, ҳамчун коагулиант дар истеҳсоли тоф; октагидрати сульфати алюминий ҳамчун коагулиант барои обтозакунӣ, истеҳсолоти қоғазбарорӣ, чармгарӣ ва ғ.; гидрокарбонати алюминий бошад дар тиб ҳамчун моддаи антатсидӣ, дар косметика ҳамчун хамираи дандонҳо, дар саноат барои тоза кардани об, ҳамчун катализатор барои рангкунии матоъҳо ва ғ. истифода шаванд. Моддаҳои номбурда дар таркиби партовҳои моеъи истеҳсоли алюминий (ш.Турсунзода) мавҷуд буда, он дар шакли системаи бисёркомпонента дучор мешавад. Натиҷаҳои ноилгаштаи назариявӣ ва таҷрибавӣ метавонад ҳамчун маводи маълумотномавӣ барои таҳқиқи системаҳои бисёркомпонента истифода шавад. Инчунин он ҳамчун асоси илмии коркарди ашёи табиӣ полиминералӣ ва техникий мураккаби аз сульфатҳо ва гидрокарбонатҳои натрий, калтсий ва алюминий ташкилёфта буда метавонад.

Адабиёти истифодашуда

1. Аносов, В.Я. Основы физико-химического анализа / В.Я. Аносов, М.И. Озерова, Ю.Я. Фиалков - М.: Наука, 1976. - 503 с.
2. Горощенко, Я. Г. Основные направления в методологии физико-химического анализа сложных и многокомпонентных систем / Я.Г. Горощенко, Л. Солиев // Журн. неорг. химии АН СССР. - 1987. - Т.32. - №7.- С. 1676-1681.
3. Курнаков, Н.С. Введение в физико-химический анализ / Н.С. Курнаков М.- Л.: Изд. АН СССР. 1940. -562 с.
4. 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», геология, геофизика, химия и биология. -1977.- С.34-36.
5. 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 // Украинс. хим. журн. - 1977.- Т. XLIII (43). -№ 10.- С.1053-1058.
6. Горощенко, Я.Г. Система $Na, K, Mg // SO_4, Cl-H_2O$ при $100^{\circ}C$ / Я.Г. Горощенко, Л.С. Солиев, Л.Т. Савченко, В.Х. Марданенко, О.Н. Романенко, И.В. Жаровский, Л.А. Борисенко // Журн. неорг. химии АН СССР. -1977. - Т. XXII. -№ 11. -С.3129-3134.
7. Горощенко, Я.Г. Строение фазового комплекса изотермы растворимости $100^{\circ}C$ системы $Na, K, Mg // SO_4, Cl-H_2O$ / Я.Г. Горощенко, Л.С. Солиев, Л.Т. Савченко, В.Х. Марданенко // Украинс. хим. журн.. -1977. -Т. XLIII. -№12. -С.1277-1280.
8. Солиев, Л. Построение фазового комплекса физико-химических систем методом трансляции / Л. Солиев, Я.Г. Горощенко, Л.Т. Савченко, В.Х. Марданенко // Журн. физичес. химии АН СССР. -1979. -Т. LIII. -№2. -- С.332-336.
9. Горощенко, Я.Г. Пути кристаллизации в системе $Na, K, Mg // SO_4, Cl-H_2O$ при $75^{\circ}C$ / Я.Г. Горощенко, Л.С. Солиев, Л.Т. Савченко, В.Х.

- Марданенко, О.Н. Романенко, И.В. Жаровский, Л.А. Борисенко // Украин. хим. журн.. -1979. -Т.45. -№4. -С.321-327.
- 10.Солиев, Л. Система $\text{NaCl-KCl-MgCl}_2\text{-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C / Л. Солиев // Журн. неорг. химии АН СССР. -1979. -Т.24. -№11. -С.3112-3115.
- 11.Солиев, Л. Исследования фазовых равновесий в многокомпонентных физико-химических системах / Л. Солиев // Журн. физичес. химии АН СССР, -1980. -Т.LIV. -№ 6. -С.1541-1544.
- 12.Горощенко, Я.Г. Массцентрический метод изображения многокомпонентных систем / Я.Г. Горощенко – Киев: Наукова думка, 1982. -264с.
- 13.Посыпайко, В.И. Методы исследования многокомпонентных солевых систем / В.И. Посыпайко - М.: Наука, 1978. -256 с.
- 14.Трунин, А.С. Комплексная методология исследования многокомпонентных систем / А.С. Трунин –Самара: 1997. -307с.
- 15.Перельман, Ф.М. Изображения химических диаграмм с любым числом компонентов / Ф.М. Перельман -М.: Наука, -1965. -100 с.
- 16.Коржинский, Д.С. Теоретические основы анализа парагенезов минералов / Д.С. Коржинский -М.: Наука, 1973. -288 с.
- 17.Жариков, В. И. Основы физико-химической петрологии / В.И. Жариков М.: -Изд. МГУ, 1976. -420 с.
- 18.Euster, H.P. Mineral equilibria in six components seawater System Na- K- Mg- Ca- SO_4 - Cl- H_2O at 25°C / H.P. Euster, C.F. Harvie, J.H. Wear // Geochim at Cosmochim Acta, -1980. -V.44. -№ 9. -P.1335-1347.
- 19.Harvie, C. F. Mineral equilibria in six components seawater system Na- K- Mg- Ca- SO_4 - Cl- H_2O at 25°C Composition of the saturated solutions / C.F. Harvie, H.P. Euster, J.H. Wear // Geochim at Cosmochim Acta, -1982.-V. 46.-№ 9. -P.1603-1618.
- 20.Базаров, Б.Г. Фазообразование в системах $\text{K}_2\text{MoO}_4\text{-aMoO}_4\text{-Hf}(\text{MoO}_4)_2$ и свойства тройного молибдата состава $\text{K}_5(\text{A}_{0.5}\text{R}_{1.5})(\text{MoO}_4)_6$ (R = Zr, HF) / Б.Г. Базаров, С.Ф. Солодовников, Ж.Г. Базарова // Журн. неорганич. хим. 2003. - Т.48. -№1. -С.134-137.

21. Кузьмичева, Г.М. Рентгенографическое изучение фаз в системе CaSYb_2S_3 (0-50 мол. % Yb_2S_3) / Г.М. Кузьмичева, О.В. Андреев, Э. Абдрахманов // Журн. неорган. хим. -2003. -Т.48. -№2. -С.320-325.
22. Остроушко, А.А. Фазовые соотношения и физико-химические свойства системы паравольфрамат аммония-поливиниловый спирт-вода / А.А. Остроушко, Д.С. Михалев // Журн. неорган. хим. -2003. -Т.48. -№3. -С.503-507.
23. Мирная, Т.А. Фазовые диаграммы жидкокристаллических бинарных систем пальмитата натрия с бутиратом, изобутиратом и метилбутиратом натрия / Т.А. Мирная, Л.С. Судовцова, С.В. Волков // Журн. неорган. хим. -2003. -Т.48. -№3. -С.525-631.
24. Сафонов, В.В. Фазовые равновесия и стеклообразование в системе $\text{Li}_2\text{OGeO}_2\text{-TeO}_2$ / В.В. Сафонов // Журн. неорган. хим. -2003. -Т.48. -№4. -С.650-654.
25. Асрян, Н.А. РТ-Х-фазовая диаграмма системы $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ / Н.А. Асрян, А.С. Алиханян, Г.Д. Нипан // Журн. неорган. хим. -2003. -Т.48. -№4. -С.661-664.
26. Базаров, Б.Г. Фазовая диаграмма системы $\text{Tb}_2(\text{MoO}_4)_3\text{-Zr}(\text{MoO}_4)_2$ и свойства двойных молибдатов $\text{Ln}_2\text{Zr}_3(\text{MoO}_4)_9$ / Б.Г. Базаров, Ю.Л. Тушинова, Ж.Г. Базарова, К.Н. Федоров // Журн. неорган. хим. 2003. -Т.48. -№9. -С. 1551-1553.
27. Румянцев, А.В. Фазовые диаграммы подсистем четверной взаимной системы $\text{K}^+, \text{NH}_4^+ \| \text{Cl}^-, \text{Br}^- \text{-H}_2\text{O}$ при 25°C / А.В. Румянцев, Н.А. Чарыков, М.В. Заморянская, О.В. Арапов, М.В. Чарыкова, Б.А. Шахматкин // Журн. неорган. хим. -2003. -Т.48. -№11. -С.1887-1897.
28. Данилушкина, Е.Г. Фазовый комплекс пятикомпонентной системы $\text{LiBr-NaBr-KBr-RbBr-CsBr}$ / Е.Г. Данилушкина, И.М. Кондратюк, И.К. Гаркушин, Е.М. Дворянова // Журн. неорган. хим. -2003. -Т. -48, №.11. -С.1898-1901.

- 29.Горощенко, Я.Г. Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем / Я.Г. Горощенко – Киев: Наукова думка, 1978. - 490 с.
- 30.Солиев, Л. Прогнозирование строения диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных водно-солевых систем методом трансляции / Л. Солиев // -М., 1987, 28 с. Деп. в ВИНТИ АН СССР. 20.12.87г., № 8990 – В 87.
- 31.Soliev, L. Phase Equilibria in the Na,K,Mg,Ca//SO₄,Cl-H₂O system at 50°C in the sylvite crystallization field. Russian Journal at inorganic chemistry. - 2015. -V.60. -№ 8. -pp. 1008-1014.
- 32.Tursunbadalov, Sh. Phase Equilibria in the quinary Na,K//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O system at 75°C / Sh. Tursunbadalov, L. Soliev // Journal of Solution Chemistry. -2015. -V. 44. -Issue 8. -pp 1626-1639.
- 33.Soliev, L. Phase Equilibria in the Trona crystallization Region / L. Soliev, Sh.Kh. Avloev, V. Nuri // Russian Journal of Inorganic chemistry. -2013, -V. 58. -№2. -pp 234-238.
- 34.Soliev, L. Phase Equilibria in the Na,K,Mg,Ca//SO₄,Cl -H₂O system at 50°C in the Astrakhanite Crystallization Region / L. Soliev // Russian Journal of Inorganic chemistry. -2013. -V. 58. -№5. -pp 585-589.
- 35.Soliev, L. Phase Equilibria in the Na,Ca//SO₄,HCO₃,F-H₂O system at 25°C / L. Soliev, V. Nuri, Sh. Avloev // Russian Journal at inorganic chemistry. - 2014. -V.59. -№ 3. -pp.274-278.
- 36.Soliev, L. Solubility in the Na,Ca//SO₄,CO₃-H₂O system at 0°C // L. Soliev, M.T. Dzumaev, M. Usmonov, I.M. Nizomov // Russian Journal at inorganic chemistry. -2016. -V.61. -№ 5. -pp. 651-656.
- 37.Soliev, L. Solubility in the Na,Ca//SO₄,CO₃-H₂O system at 25°C / L. Soliev, M.T. Dzumaev, M. Usmonov // Russian Journal at inorganic chemistry. - 2016. -V.61. -№ 8. -pp. 1041-1046.
- 38.Tursunbadalov, Sh. Phase Equilibria in multicomponent water-salt system / Sh. Tursunbadalov, L.Soliev // Journal of chemical engineering data. -2016, - V. 61. -Iss 7. -pp. 2209-2220.

39. Tursunbadalov, Sh. Determination of phase Equilibria and Construction of Comprehensive phase Diagram for the Quinary Na,K//Cl,SO₄,B₄O₇-H₂O System at 25°C // Sh. Tursunbadalov, L. Soliev // Journal of Chemical and engineering data. -2017. –V. 62. -№1. -pp 698-703.
40. Soliev, L. Solubility in the Na,Ca//CO₃,HCO₃-H₂O system at 25°C / L. Soliev, M.T. Dzhumayev, G. Igbol, B.B. Dzhabbrov // Russian Journal of Inorganic chemistry. -2017. -V. 62. -№ 9. -pp 1245-1251.
41. Soliev, L. Solubility and phase equilibria in the Na,Ca//CO₃,HCO₃-H₂O system at 0°C / L. Soliev, M.T. Dzhumayev, B.B. Dzhabbrov // Chimica Techno Acta. -2017. -V. 4. -№3. –pp. 191-201.
42. Солиев, Л. Растворимости системы Na₂SO₄-Na₂CO₃- NaHCO₃-H₂O при 50°C / Л. Солиев, М.Т. Джумаев, О.Р. Тураев, Х.Р. Махмадов // Химический журнал Казахстана. -2017. -№4 (60). -С. 29-35.
43. Soliev, L. Phase Equilibria in the K,Ca|| SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O System at 25°C / L. Soliev, Z.P. Khudoerbekova // Russian Journal of Inorganic Chemistry. -2018. -V. 63. -№. 6. -pp. 826-832.
44. Soliev, L. Structure of the solubility diagram in the Na₂SO₄-Na₂CO₃-NaHCO₃-H₂O system at 0, 25 and 50°C / L. Soliev, M.T. Jumaev, R.O. Turaev, H.R. Makhmadov, B.B. Dzabborov // Chimica Techno Acta. -2018. -V. 5. -№ 2. -pp. 104-108.
45. Soliev, L. Solubility in the Quaternary CaSO₄-CaCO₃-CaF₂-H₂O System at 50°C / L. Soliev, P. Mukhtorov, Sh. Tursunbadalov, M. Usmonov, M.T. Jumaev // Inorganic Chemistry – An Indian Journal. -2018. -V. 13. -№ 1. -pp. 124-128.
46. Tursunbadalov, Sh. Investigation of phase Equilibria in Quinary water-salt systems / Sh. Tursunbadalov, L. Soliev // Journal of chemical engineering data. -2018. –V.63. -pp.598-612.
47. Soliev, L. Phase equilibria in the System Na,Ca||SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O at 0°C // L.Soliev, M.T. Jumaev // Chimica Techno Acta. -2019. -V. 6. -№1. -pp. 24-30.

48. Soliev, L. Comparative analysis of phase complex systems $\text{Na,Ca}||\text{SO}_4,\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ about 50 and 75°C / L. Soliev, Kh.R. Makhmadov, M.T. Jumaev, D. Muzafarov, G. Sinoi // American scientific Journal. -2019. -№ 28. -pp. 49-53.
49. Soliev, L. Solubility in the $\text{Na,Ca}||\text{SO}_4,\text{HCO}_3\text{--H}_2\text{O}$ system at 25°C / L. Soliev, M.T. Jumaev, M. Varkaeva, H.R. Makhmadov, G. Sinoi // Chimica Techno Acta. -2019. -V.6. -№4. -pp. 130-137.
50. Soliev, L. Phase complex of the system $\text{Na,Ca}||\text{SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{--H}_2\text{O}$ at 100°C / L. Soliev, M.T. Jumaev // Chimica Techno Acta. -2020. -V.7. -№2. -pp. 71-80.
51. Солиев, Л. Фазовый комплекс системы $\text{Na,Ca}||\text{SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 75°C / Л. Солиев, М.Т. Жумаев, И.М. Низомов // Узбекс. химич. журн. - 2020. -№ 5. -С. 16-24.
52. Л. Солиев., Б. Джабборзода, М.Т. Жумаев. Фазовый комплекс системы $\text{Na,Mg,Ca}||\text{SO}_4,\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 0°C. Химический журнал Казахстана. № 4. (72). 2020. Стр. 97-104.
53. Солиев, Л. Фазовый комплекс системы $\text{Na,Mg,Ca}||\text{SO}_4,\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 0°C / Л. Солиев, Б. Джабборзода, М.Т. Жумаев // Химичес. журн. Казахстана. -№ 4. (72). -2020. -С. 97-104.
54. Солиев, Л. Прогнозировании фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. Монография. (Книга 1) -Душанбе: - ТГПУ им. К. Джуроева, 2000. -247 с.
55. Солиев, Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. Монография. (Книга 2) -Душанбе: -Изд-во Шучоён, 2011. -147 с.
56. Солиев, Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. Монография. (Книга 3) -Душанбе: -Изд-во Эр-граф, 2019. -236 с.
57. Тошов, А.Ф. Прогнозирование фазовых равновесий в системе $\text{Na-K,Mg,Ca}||\text{SO}_4,\text{Cl-H}_2\text{O}$ методом трансляции. Автореф. дисс... канд. хим. наук / А.Ф. Тошов. –Душанбе: ТГПУ им. К.Джуроева, 2000. -22 с.

- 58.** Авлоев, Ш.Х. Фазовые равновесия и растворимость системе Na,K//SO₄,CO₃,F-H₂O при 0 и 25⁰С. Автореф. дисс... канд. хим. наук / Ш.Х. Авлоев –Душанбе: ТГПУ им. С.Айни, 2007. -22 с.
- 59.** Низомов, И.М. Фазовые равновесия и растворимость системе Na,K//CO₃,HCO₃,F-H₂O при 0 и 25 ⁰С. Автореф. дисс... канд. хим. наук / И.М. Низомов –Душанбе: ТГПУ им.С.Айни, -2009. -23 с.
- 60.** Soliev, L. Phas Equilibria in the Na,K//CO₃,HCO₃,F-H₂O system at 0 ⁰С / L. Soliev, I. Nizomov // Russian Journal of inorganic chemistry. -2011. –V. 56. - № 2. -pp. 293-297.
- 61.** Soliev, L. Phas Equilibria in the Na,K//CO₃,HCO₃,F-H₂O system at 25⁰С / L. Soliev, I.M. Nizomov // Russian Journal of inorganic chemistry. -2012. –V. 57. -№ 5. -pp.727-731.
- 62.** Турсунбадалов, Ш. Фазовые равновесия и растворимость системе Na,K//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O при 0 и 25 ⁰С. Автореф. дисс... канд. хим. наук / Ш. Турсунбадалов –Душанбе: ТГПУ им. С.Айни, -2010. -24 с.
- 63.** Солиев, Л. Фазовые равновесия системы Na,K//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O при 25 ⁰С / Л. Солиев, Ш. Турсунбадалов // Журн. неорган. химии РАН. – 2008. -Т.53. -№ 5. -С.869-875.
- 64.** Солиев, Л. Фазовые равновесия системы Na,K//SO₄,CO₃,HCO₃-H₂O при 0⁰С / Л. Солиев, Ш. Турсунбадалов // Журн. неорган. химии РАН. -2010. -Т.55. -№ 8. -С.1373-1378.
- 65.** Мусоджонова, Дж. Фазовые равновесия и растворимость системе Na,K//SO₄,HCO₃,F-H₂O при 0 и 25 ⁰С. Автореф. дисс... канд. хим. наук / Дж. Мусоджонова –Душанбе: ТГПУ им. С.Айни, -2011. -23 с.
- 66.** Солиев, Л. Фазовые равновесия системы Na,K//SO₄,HCO₃,F-H₂O при 25 ⁰С / Л. Солиев, Дж. Мусоджонова // Журн. неорган. химии РАН. -2009. -Т.54, -№ 11. -С.1925-1929.
- 67.** Солиев, Л. Фазовые равновесия системы Na,K//SO₄,HCO₃,F-H₂O при 0⁰С / Л. Солиев, Дж. Мусоджонова // Журн. неорган. химии РАН. -2011. -Т.56. -№ 7. -С.1187-1191.

68. Солиев, Л. Фазовые равновесия системы $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-NaF-H}_2\text{O}$ при 0°C / Л. Солиев, Дж. Рузиев, С. Холмуродов // Докл. АН Республики Таджикистан. -2008. -Т.51. -№ 6. -С.447-452.
69. Солиев, Л. Фазовые равновесия системы $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-NaF-H}_2\text{O}$ при 25°C / Л. Солиев, Дж. Рузиев, С. Холмуродов // Докл. АН Республики Таджикистан. -2009. -Т.52. -№ 7. -С.526-532.
70. Усмонов, М. Фазовые равновесия и растворимость системе $\text{Na,Ca//SO}_4\text{,CO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$ при 0 и 25°C . Автореф. дисс... канд. хим. наук / М. Усмонов –Душанбе: ТГПУ им. С.Айни, -2015. -24 с.
71. Солиев, Л. Фазовые равновесия системы $\text{Na,Ca//SO}_4\text{,CO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$ при 25°C / Л. Солиев, М. Усмонов // Журн. неорган. химии РАН. -2012. -Т.57. - № 3. -С.510-515.
72. Солиев, Л. Фазовые равновесия системы $\text{Na,Ca//SO}_4\text{,CO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$ при 0°C / Л. Солиев, М.Б. Усмонов // Журн. неорган. химии РАН. -2013. - Т.58. -№ 4. -С.530-534.
73. Нури, В. Фазовые равновесия и растворимость системе $\text{Na,Ca//SO}_4\text{,HCO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$ при 0 и 25°C . Автореф. дисс... канд. хим. наук / В. Нури –Душанбе: ТГПУ им. С.Айни, -2017. -23 с.
74. Жумаев, М.Т. Фазовые равновесия и растворимость системе $\text{Na,Ca//SO}_4\text{,CO}_3\text{,HCO}_3\text{,-H}_2\text{O}$ при 0 и 25°C . Автореф. дисс... канд. хим. наук / М.Т. Жумаев –Душанбе: Эр-Граф, -2018. -24 с.
75. Гуломикбол, Г. Фазовые равновесия и растворимость системе $\text{Na,Ca//CO}_3\text{,HCO}_3\text{,F-H}_2\text{O}$ при 0 и 25°C . Автореф. дисс... канд. хим. наук. / Г. Гуломикбол –Душанбе: ТГПУ им. С.Айни, -2018. -24 с.
76. Мирсаидов, У.М. Проблемы экологии и комплексная переработка минерального сырья и отходов производства / У.М. Мирсаидов, М.Э. Исматдинов, Х.С. Сафиев. –Душанбе: Изд.: Дониш. -1999. -53 с.
77. 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 РТ. -2000. -Т. XLIII. -№1. — С.31-34.

- 78.**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. -2001, -М.: -2001. -С.760-763.
- 79.**Мирсаидов, У. Кинетика процесса спекания производства криолит-глиноземной смеси из отходов Таджикского Алюминиевого завода и местного минерального сырья / У.М. Мирсаидов, Б.С. Азизов, М.М. Абдуллоев, Д.Р. Рузиев, Д.С. Лангариева // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. ПРОТЕК. -2001, -М.: -2001.-С.764-766.
- 80.**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.
- 81.**Сафиев, Х.С. Десульфатизация раствора шламовых полей алюминиевого производства / Х.С. Сафиев, Б.С. Азизов, Д.Р. Рузиев, М.М. Абдуллоев. // Доклады АН РТ. -1999. -Т.42. -№2. -С.46-49.
- 82.**Абдуллоев, М.М. Десульфатизация 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.
- 83.**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.
- 84.**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 РТ. -2000. -Т.43. -№1.-С.31-35.
- 85.**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 «Производства. Технология. Экология» -Москва: -2001. -С.723-729.
- 86.**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.
- 87.**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.
- 88.**Азизов, Б. Физико-химическое и технологическое основы комплексной переработки жидких и твёрдых отходов производства алюминия. Автореф. дисс... док. хим. наук. –Душанбе: -2003. -50 с.
- 89.**Справочник по растворимости солевых систем (под ред. А. Д. Пельша). / Л.: «Химия», 1975. -Т.II. Кн.1-2. -С.1063.
- 90.**Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. -Т. 1. Кн. 1 -2. -СПб.: Химиздат, 2004, -1247с.
- 91.**Справочник по растворимости солевых систем. (под ред. А.Д. Пельша). / Л.: «Химия», 1973.—Т.1. Кн.1-2. -С.1070.
- 92.**Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. -Т. 1. Кн. 1 -2. -СПб.: Химиздат, 2003. -1151с.
- 93.**Olimjonova, N.V. Phase formation in the system $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ at 273 K / N.V. Olimjonova, D.Z. Muzafarova, M.T. Jumaev, Mahmadv H.R., Davlatshozoda Sh.S., Nizomov I.M. // E3S Web of

Conferences International Scientific Conference Energy Managment of Municipal Facilities and Environmental Technologies (EMMFT-2024). Volume 592 (2024).

- 94.**Олимджонова, Н.В. Фазаҳосилшавӣ дар системаи $\text{NaHCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-Al(HCO}_3)_3\text{-H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 273 К / Н.В. Олимҷонова, Д.З. Музафарова // Конференсияи илмӣ-назариявии байналмилалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои химия, технология ва экология”. -Душанбе: - 2023. -С.132-133.
- 95.**Олимджонова, Н.В. Сравнение фазовых равновесий в системе $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ при температуре 273 и 298 К / Н.В. Олимджонова, М.Т.Джумаев, Д.З.Музафарова // Вестник Филиала Московского государственного университета. -Душанбе: -2023. -Т.1. -№3(33). -С.53-61.
- 96.**Олимджонова, Н.В. Сравнение фазовых равновесий в системе $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ при температуре 273 и 298 К, / Л. Солиев, М.Т. Жумаев, Д.З. Музафарова // Междун. научн. прак. конф. “Развитие новых направлений в химии и химической технологии” -Душанбе: - 2023. -С. 160-159.
- 97.**Олимджонова, Н.В. Концентрационные параметры образования равновесных твёрдых фаз системы $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} \parallel \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- \text{-H}_2\text{O}$ при 273 К. / Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев // XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. –Т.6. -Сириус: - 2024. -С.64.
- 98.**Солиев, Л. Фазовые равновесия системы $\text{Na, Ca} \parallel \text{SO}_4, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0°C / Л. Солиев, М.Т. Джумаев, В. Нури, Ш.Х. Авлоев // ДАН Республики Таджикистан. -2013. -Т.56. -№2. -С.119-123.
- 99.**Солиев, Л. Строение диаграммы фазовых равновесий системы $\text{Na, Ca} \parallel \text{SO}_4, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0 и 25°C / Л. Солиев, М.Т. Джумаев, Ш.Х. Авлоев // Матер. междун.. конф. “Экологобезопасные и ресурсоберегающие технологии и материалы”. --Улан-Уде: -2014. - С.226-228.

100. Солиев, Л. Диаграмма растворимости системы $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0°C / Л. Солиев, М.Т. Джумаев, Р.О. Тураев // Матер. междун. конф. “Экологобезопасные и ресурсоберегающие технологии и материалы”. -Улан-Уде: -2017. -С.152-154.
101. Олимджонова, Н.В. Сравнение фазообразований в системе $\text{Na,Al||SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 273 и 298 К / IX Междун. науч. –прак. конф. «Булатовские чтения» (2025). -Краснаярск: -2025. –С.173
102. Жумаев, М.Т. Равновесные твёрдые фазы четверных невариантных точек системы $\text{Na,Ca||SO}_4,\text{CO}_3,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 0°C / М.Т. Жумаев, Л. Солиев, Х.Р. Махмадов, Н.В. Олимджонова // Сборник трудов Всероссийский симпозиум и школа-конференция молодых ученых «Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях». -Севастополь: -2021. -С.262-263.
103. Солиев, Л. Схематические диаграммы фазовых равновесий многокомпонентных систем / Л.Солиев // Журн. неорг. химии АН СССР. -1988. -Т.33. -№ 5. -С1305-1310.
104. Olimjonova, N.V. Concentrated parameters of the formation of modern solid phases of $\text{Na,Ca,Al||SO}_4, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ systems at 273 K. / N.V. Olimjonova, M.T. Jumaev, Soliev L. // Collection articles by participants of the international scientific and practical conference "Chemical Science and Education, problems and prospects of development". -Makhachkala: -2024. -pp. 61-66.
105. Горощенко, Я.Г. Определение положения невариантных точек на диаграммах растворимости методом донасыщения / Я.Г. Горощенко Л. Солиев, Ю.И. Горников // Украинс. хим. журн. -1987. -Т.53. -№6. -С.568-571.
106. Махмадов, Ҳ.Р. Политермаи ҳалшавандагӣ ва комплекси фазагии системаи обӣ-намакии сульфатҳо, карбонатҳои натрийю калтсий. Автореф. дисс... доктор PhD. / Ҳ.Р. Махмадов –Душанбе: Шохин-С, -2024. -24 с.

- 107.Балюнис, Л.Е. Кристаллооптическое и кристаллографическое исследования фазовых переходов в кристалле. Л.Е. Балюнис, В.Ю. Тополов, А.В. Турик, О.Е. Фесенко // Кристаллография. -1990. –Т. 35. - № 1. –С. 98-103.
- 108.Кристаллооптические данные для микроскопически прозрачных минералов и неорганических соединений: Справочник / под. ред. И.А. Порошина. –Новосибирск: НГПУ, 2016. –199 с.
- 109.Пунин, Ю.О. Аномальная кристаллооптика гетерогенных кристаллов / Ю.О. Пунин, А.Г. Штукенберг // Кристаллография. -2005. –Т. 50. -№ 2. - С. 332-343.
- 110.Филатова, Л.К. Основы кристаллооптических исследований и диагностика породообразующих минералов / Л.К. Филатова. –М.: Российский университет дружбы народов. -2016. –180 с.
- 111.Дмитриев, С.Д. Методы кристаллооптических исследований / С.Д. Дмитриев. –Якутск: -1978. –107 с.
- 112.Ковба, Л.М. Рентгенофазовый анализ / Л.М. Ковба, В.К. Трунов. -М.: Издательство Московского университета. -1976. – 230 с.
- 113.Ивашкевич, Л.С. Рентгенографические методы в химических исследованиях / Л.С. Ивашкевич, Т.П. Каратаева, А.С. Ляхов. -Минск: Изд-во БГУ. -2001. -131 с.
- 114.Лаврушина, С.С. Рентгенография в неорганической химии: учеб. пособ. для вузов / С.С. Лаврушина, О.В. Артамонова. -Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. -2006. – 39 с.
- 115.Гоулдстейн, Дж. Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. / Дж. Гоулдстейн. -М.: Мир, -1984. Ч. 1. –296с.; Ч. 2. -348 с.
- 116.Боголицын, К.Г. Физико-химические методы анализа. –Архангельск: САФУ, -2018. –118 с.
- 117.Васильев, В.П. Аналитическая химия / В.П. Васильев.–М.: Дрофа, - 2003. –384 с.

- 118.Золотов, Ю.А. Основы аналитической химии / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева. Кн. 1. -М.: 2004. –361 с.
- 119.Золотов, Ю.А. Основы аналитической химии / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева. Кн. 2. -М.: -2004. –503 с.
- 120.Лебедев, М.И. Аналитическая химия / М.И. Лебедев. -Тамбов: -2008. – 160с.
- 121.Крешков, А.П. Основы аналитической химии / А.П. Крешков. -Л.: Химия. 1970. -Т. 2. –456 с.
- 122.Анализ минерального сырья / Под общ. ред. Книпович Ю.Н., Морачевского Ю. В. –Л.: Госхимиздат, -1959. –947 с.
- 123.Резников, А.А. Методы анализа природных вод / А.А. Резников, Е.П. Муликовская, Соколов И.Ю.. -М.: Недра, 1970. 488 с.
- 124.Жумаев, М.Т. Фазовый комплекс и растворимость системы $3\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}\text{-CO}_3^{2-}\text{-2HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при температуре $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ / М.Т. Жумаев, Л. Солиев // Вестник педагогического университета. Серия естественных наук. -2024. -№ 1 (21). -С. 42-48.
- 125.Жумаев, М.Т. Концентрационные параметры образования равновесных твердых фаз системы $3\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}\text{-CO}_3^{2-}\text{-2HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при $75\text{ }^{\circ}\text{C}$. / М.Т.Жумаев, Дж.М.Мусоджонзода, Л.Солиев // Вестник Технологического университета Таджикистана. -2024. -№ 2 (57). -С. 22-29.
- 126.Жумаев, М.Т. Сравнение растворимости в системе $\text{Na,Ca||SO}_4\text{,HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 273 и 298 К / М.Т. Жумаев, Н.В. Олимджонова, Д.З. Музафарова, Дж.М. Мусоджонзода // Известия АН Республики Таджикистан. -2024. -№4(197). -С.85-91.
- 127.Олимджонова, Н.В. Фазообразование в системе $\text{Na,Ca,Al||SO}_4\text{,HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 298 К / Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев. // Известия АН Республики Таджикистан. Душанбе: -2023. -№2(191). -С.46-54.
- 128.Олимджонова, Н.В. Прогнозирование фазовых равновесий в системе $\text{Na,Ca,Al||SO}_4\text{,HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 298 К. / М.Т. Жумаев, Н.В. Олимджонова,

- Л. Солиев // IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химии». - Душанбе: -2024. -С. 349-353.
- 129.**Олимҷонова, Н.В. Омӯзиши ҳолати диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $\text{Na,Al||SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ дар изотермаи 298 К (25°C), / Олимҷонова Н.В., Ҷумаев М.Т. // Конф. илмӣ-амалии ҷум. “Омӯзиши пиряхҳо дар шароити тағйирёбии иқлим ва таҳқиқи дурнамои захираи манбаъҳои обӣ”. -Душанбе: -2023. -С. 79-81.
- 130.**Олимджонова, Н.В. Изотерма фазообразования в системе $\text{Na}^+,\text{Ca}^{2+}//\text{SO}_4^{2-},\text{HCO}_3^- \text{--H}_2\text{O}$ при 298 К / Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -№ 1 (65). -2024. -С.108-111.
- 131.**Олимджонова, Н.В. Изотерма фазообразования в четырёхкомпонентной системе $\text{Na,Ca||SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 298 К / Н.В.Олимджонова М.Т.Жумаев Л.Солиев, Н.Ноибова // Всероссийская конференция и школа молодых учёных “Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях”. -Москва: -2023. -С. 168-169.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РӢӢИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ

Нахустпатент ба ихтироот

- [1-М]. Малый патент № ТЈ 1341 РТ. Способ получения декагидрата карбоната натрия из жидких отходов алюминиевого производство / М.Т.Жумаев, И.М.Низомов, Х.Р.Махмадов, **Н.В.Олимджонова**, Д.В.Музафарова; патентообладатель – Жумаев М.Т. - № 2201674 дата подачи заявки 05.05.2022. Зарегистрировано 30.01.2023.
- [2-М]. Малый патент № ТЈ 1454 РТ. Способ получения нахколита из жидких отходов алюминиевого производство / М.Т. Жумаев, М. Рахимова, Х.Р. Махмадов, **Н.В. Олимджонова**, Д.З. Музафарова; патентообладатель – Жумаев М.Т. - № 2301862 дата подачи заявки 17.07.2023. Зарегистрировано 04.12.2023.

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

- [3-М]. **Олимджонова, Н.В.** Таҳлили муқоисавии сохтори комплекси фазагии системаи $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--NaHCO}_3\text{--H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 75 ва 100 °С / **Н.В. Олимджонова**, Л. Солиев, М.Т. Жумаев, Р.О. Тураев, Х.Р. Махмадов // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. -2019. -№ 2. -С.179-184.
- [4-М]. **Олимджонова, Н.В.** Фазовый комплекс взаимной системы $\text{Na,Ca||SO}_4\text{,CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 75 и 100 °С / **Н.В. Олимджонова**, Л. Солиев, М.Т. Жумаев, Х.Р. Махмадов, Д.З. Музафарова // ДАН Республики Таджикистан. -2020. -Т.63. -№9-10. -С.618-625.
- [5-М]. **Олимджонова, Н.В.** Таҳлили муқоисавии диаграммаи ҳалшавандагии системаи $\text{Na,Ca||SO}_4\text{,CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 0, 25 ва 50 °С / **Н.В. Олимджонова**, Л. Солиев, М.Т. Жумаев, Х.Р. Махмадов, Д.З. Музафарова // Паёми Донишгоҳи омузгорӣ: Бахши илмҳои табиатшиносӣ. -2021. -№1(10-11). -С.253-257.
- [6-М]. **Олимджонова, Н.В.** Растворимость системы $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--NaHCO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 75 °С / **Н.В. Олимджонова**, Л. Солиев, М.Т. Жумаев, О.Р. Тураев, Х.Р. Махмадов // Известия НАНТ. -2021. -№1(182). -С.82-89.
- [7-М]. **Олимджонова, Н.В.** Фазообразование системе $\text{Na,Ca,Al||SO}_4\text{,HCO}_3\text{--H}_2\text{O}$ при 298 К / **Н.В.Олимджонова**, М.Т.Жумаев, Л.Солиев. // Известия НАНТ. -2023. -№2(191). -С.46-54.
- [8-М]. **Олимджонова, Н.В.** Сравнение фазовых равновесий в системе $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{--Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{--CaSO}_4\text{--H}_2\text{O}$ при температуре 273 и 298 К / **Н.В. Олимджонова**, М.Т. Джумаев, Д.З. Музафарова // Вестник Филиала Московского государственного университета. -2023. -Т.1. -№3(33). -С.53-61.
- [9-М]. **Олимджонова, Н.В.** Сатҳи ҷоркомпонентаи мувозинатҳои фазагии системаи $\text{K,Ca||SO}_4\text{,CO}_3\text{,HCO}_3\text{,F--H}_2\text{O}$ дар ҳарорати 25 °С. / **Н.В. Олимджонова**, Ҷ.М. Мусочонзода, Л.Ч. Имомова, Д.З. Музафарова, М.Т.

Жумаев, Л. Солиев // Паёми политехникӣ. Бахши илмҳои муҳандисӣ. -2024. -№3(66). -С.159-165.

[10-М]. **Олимджонова, Н.В.** Изотерма фазообразования в системе $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ при 298 К / **Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев** // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - № 1(65). -2024. -С.108-111.

[11-М]. **Olimjonova, N.V.** Phase formation in the system $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ at 273 K / **N.V. Olimjonova, D.Z. Muzafarova, M.T. Jumaev, H.R. Mahmadv, Sh.S. Davlatshozoda, I.M. Nizomov** // E3S Web of Conferences International Scientific Conference Energy Managment of Municipal Facilities and Environmental Technologies (EMMFT-2024). Volume 592 (2024). (**Scopus**).

[12-М]. **Олимджонова, Н.В.** Сравнение растворимости в системе $\text{Na, Ca} // \text{SO}_4, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ при 273 и 298 К / **Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Д.З. Музафарова, Дж.М. Мусоджонзода** // Известия НАНТ. -2024. - №4(197). -С.85-91.

Фишурдаҳои мақолаҳо дар маводи конференсҳои илмӣ:

[13-М]. **Олимджонова, Н.В.** Строение диаграммы фазового комплекса системы $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ при 75 и 100 °С / **Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев, Д.З. Музафарова, Х.Р. Махмадов** // Материалы IV Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием «Экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы». -Улан-Уде, 2020. -С.69-71.

[14-М]. **Олимджонова, Н.В.** Комплекси фазагии системаи $\text{Na, Ca} // \text{SO}_4, \text{CO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ дар ҳароратҳои 75 ва 100 °С / **Н.В. Олимджонова, Л. Солиев, Х.Р. Махмадов, М.Т. Жумаев, Д.З. Музафарова** // Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ амалӣ дар мавзӯи «Проблемаҳои муосири саноати металлургӣ» -Душанбе, 2021. -С.160-163.

[15-М]. **Олимджонова, Н.В.** Равновесные твёрдые фазы четверных невариантных точек системы $\text{Na, Ca} // \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ при 0 °С / **Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев, Х.Р. Махмадов** // Сборник трудов Всероссийский симпозиум и школа-конференция молодых ученых «Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях». —Москва, 2021. -С.262-263.

[16-М]. **Олимджонова, Н.В.** Фазовые равновесия и растворимость в системе $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ при 75 °С / **Н.В. Олимджонова, Л. Солиев, М.Т. Жумаев, Х.Р. Махмадов** // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «IV Байкальский материаловедческий форум». -Улан-Удэ, 2022. -С.125-126.

[17-М]. **Олимджонова, Н.В.** Сравнение фазовых равновесий в системе $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ при температуре 273 и 298 К, / **Л. Солиев, М.Т. Жумаев, Д.З. Музафарова** // Материалы международной научно-практической конференции “Развитие новых направлений в химии и химической технологии”. —Душанбе, -2023. -С. 157-161.

[18-М]. **Олимджонова, Н.В.** Изотерма фазообразования в четырёхкомпонентной системе $\text{Na, Ca} // \text{SO}_4, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ при 298 К / **Н.В.**

Олимджонова, Л. Солиев, М.Т. Жумаев, Н.З. Ноибова // Всероссийская конференция и школа молодых учёных “физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях”. –Москва, -2023. -С.168-169.

[19-М]. **Олимҷонова, Н.В.** Фазаҳосилшавӣ дар системаи $\text{Na,Ca,Al}||\text{SO}_4,\text{CO}_3\text{-H}_2\text{O}$ дар изотермаи 273 К, / **Н.В. Олимҷонова, Л. Солиев, М.Т. Жумаев.** // Конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико-химиявӣ. –Душанбе, -2023. -С.209-215.

[20-М]. **Олимджонова, Н.В.** Растворимость системы $\text{Na,Ca}||\text{SO}_4,\text{CO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 273 и 298 К. / **Н.В. Олимджонова Д.З. Музафарова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев** // Сборник материалов XIX Нумановские чтения на тему “Развитие фундаментальной и прикладной химии и её вклад в индустриализацию страны”. –Душанбе, -2024. -С.63-66.

[21-М]. **Olimjonova, N.V.** Concentrated parameters of the formation of modern solid phases of $\text{Na,Ca,Al}||\text{SO}_4, \text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ systems at 273 K. / **N.V. Olimjonova, M.T. Jumaev, L. Soliev** // Collection articles by participants of the international scientific and practical conference "Chemical Science and Education, problems and prospects of development". –Makhachkala, -2024. -pp. 61-66.

[22-М]. **Олимджонова, Н.В.,** Концентрационные параметры образования равновесных твёрдых фаз системы $\text{Na}^+,\text{Ca}^{2+},\text{Al}^{3+}||\text{SO}_4^{2-},\text{HCO}_3^-\text{-H}_2\text{O}$ при 273 К. / **Н.В. Олимджонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев** // XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. –Сириус, -2024. –Т. 6. -С.64.

[23-М]. **Олимджонова, Н.В.** Прогнозирование фазовых равновесий в системе $\text{Na,Ca,Al}||\text{SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 298 К. / **М.Т. Жумаев, Н.В. Олимджонова, Л. Солиев** // IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химии». –Душанбе, -2024. -С. 349-353.

[24-М]. **Олимҷонова, Н.В..** Таҳлили муқоисавӣ фазаҳосилшавӣ дар системаи $\text{Na}^+,\text{Al}^{3+}||\text{SO}_4^{2-},\text{HCO}_3^-\text{-H}_2\text{O}$ дар 273 ва 298К / **Н.В.Олимҷонова** // Конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Вазъи кунунӣ ва дурнамои таҳлили физико-химиявӣ. -Душанбе, -2025. -С.188-191.

[25-М]. **Олимджонова, Н.В.** Сравнение фазообразований в системе $\text{Na,Al}||\text{SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 273 и 298 К / **IX Международной научно-практической конференции «Булатовские чтения».** –Краснаярск, -2025. –С. 173.

[26-М]. **Olimjonova, N.V.** Equilibrium phase diagram and stable phases present in the system $\text{Na,Ca}||\text{SO}_4,\text{HCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ at temperatures of 273 and 298 K / **N.V.Olimjonova, M.T.Jumaev, L.Soliev** // Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation "IV Baikal Materials Science Forum". -Ulan-Ude, -2025. –С.214.

ЗАМИМАҲО

ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН		ИДОРАИ ПАТЕНТӢ
ШАҲОДАТНОМА		
Шахрванл	Олимҷонова Н.В.	
муаллифи ихтирои	Ғарзи ҳосил намудани декагидрати карбонати натрий аз партовҳои моеъи саноатии алюминий	
Ба ихтироъ нахустпатенти	№ ТҶ 1341	дода шудааст.
Дорандан нахустпатент	Жумаев М.Т.	
Сарзамин	Ҷумҳурии Тоҷикистон	
Ҳаммуаллиф(он)	Жумаев М.Т., Джураев Т.Дж., Низомов И.М., Махмадов Х.Р., Музафарова Д.З., Маматов Э.Ч., Амирзода О.Х.	
Аввалияти ихтироъ	05.05.2022	
Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза	05.05.2022	
Аризаи №	2201674	
Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон		
30 январи	с. 2023	ба кайд гирифта шуд
Нахустпатент		
этибор дорад аз	5 майи	с. 2022 то 5 майи 2032 с.
Ин шаҳодатнома ҳангоми амали гардонидани ҳукуку имтиёзхое, ки барои муаллифони ихтироот бо конунгузории ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад		
ДИРЕКТОР		Исмоилзода М.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ШАҲОДАТНОМА

Шахрванд Олимджонова Н.В.

муаллифи ихтирои *Тарзи ҳосил намудани наҳколит аз партовҳои
мосфои саноатии алюминий*

Ба ихтироъ
нахустпатенти № ТҶ 1454 дода шудааст.

Дорандан
нахустпатент Жумаев Маъруфҷон Тағоймуротович

Сарзамини Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Жумаев М.Т., Раҳимова М., Махмадов Ҳ.Р.,
Музафарова Д.З.

Аввалияти ихтироъ 17.07.2023

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 17.07.2023

Аризаи № 2301862

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

04 декабри с. 2023 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент

этибор дорад аз 17 июли с. 2023 то 17 июли 2033 с.

Ин шаҳодатнома ҳангоми амали гардонидани ҳукуку
имтиёзҳои, ки барои муаллифони ихтироот бо қонунгузории
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.