

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

დიანა კოტრიკაძე

ტექნოგენური ნედლეულის შემცველი მულტიმინერალური
კომპოზიციიდან მინაკერამიკის მიღების ფიზიკურ-ქიმიური
თავისებურებანი

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიური დეპარტამენტის ფიზიკური და კოლოიდური ქიმიის მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტ.მ.დ. სრული პროფ. არჩილ სარუხანიშვილი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება 2012 წლის „----“ -----, ----- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი II, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 69.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის სტუ-ს ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. მინაკრისტალური მასალების (მინაკერამიკის) მეცნიერებისა და ტექნიკის მრავალ დარგში ფართო გამოყენება საინფორმაციო წყაროებში არსებული მონაცემებით ნათლად დასტურდება. ასეულობით სამეცნიერო და ტექნიკურ პერიოდიკაში მინაკერამიკისაგან დამზადებული ნაკეთობების ეფექტური გამოყენების შესაძლებლობა აღიწერება მეტადრე ისეთ გარემოებაში, რომელიც ითხოვს არა მხოლოდ ერთი რომელიმე ზემოქმედებისადმი მედეგობას, არამედ ძირითადი თვისებების უცვლელობას ნაკეთობაზე ერთდროულად მრავალი, არცთუ იშვიათად ექსტრემალური ფაქტორის მოქმედებისას.

ამითაა გამოწვეული მსოფლიოში მინაკერამიკისადმი მნიშვნელოვანი ყურადღება როგორც გამოყენების სფეროების გაფართოების, ისე თვისებრივად ახალი და ეფექტური მინაკრისტალური მასალების შექმნის აუცილებლობის თვალსაზრისით.

საინფორმაციო წყაროების ანალიზი იმაზედაც მიგვითითებს, რომ როგორც სპეციალური დანიშნულების, ისე ფართო მოხმარების ნაკეთობათა მისაღებად გამოიზნული მინაკერამიკა ძირითადად მარტივი სისტემების გამოყენებით მიიღება. სწორედ რომ ამგვარი სისტემებისათვის არის ჩამოყალიბებული მინაკერამიკის მიღების თეორიული და პრაქტიკული საფუძვლები, თუმცა კი „კომპოზიცია – მინა – მინაკერამიკა“ გარდაქმნების სტადიების თეორია და პრაქტიკა თანაბარი ხარისხით არ არის შესწავლილი. უკეთ ამ გარდაქმნათა პირველი სტადიაა გამოკვლეული, რაც იძლევა საშუალებას საკმარისი საიმედოობით შეფასდეს ამ პროცესის ენერგეტიკული მაჩვენებლები, რისი თქმაც არ შეიძლება ჩვენთვის სასურველი კრისტალური ფაზის პროგნოზირების შესაძლებლობის შესახებ. ნაკლებად პროგნოზირებადია მინის მინაკერამიკაში გარდაქმნის სტადია. ამ სტადიის მრავალ ფაქტორზე დამოკიდებულების თეორიული განსჯა ხშირად დადებით შედეგს არ იძლევა და კვლევა ძირითადად ექსპერიმენტულ ხასიათს ღებულობს. ეს კი მინაკერამიკის მიღების როგორც შრომა და ენერგოტევადობის, ისე ამ პროცესის ოპტიმალური პარამეტრების დადგენის ხანგრძლივობის გაზრდას გულისხმობს.

ვითარება ბევრად მძიმდება, თუ მინაკერამიკის მისაღებად გამოიზონული მინის კომპოზიციაში ტექნოგენური ნედლეული შეიყვანება. ამ შემთხვევაში მინაკერამიკის მიღების არამც თუ მეორე სტადია, არამედ პირველიც რთულად პროგნოზირებადია. ეს დაკავშირებულია გამოსავალი კომპოზიციის მრავალკომპონენტურობასთან. სისტემაში შემავალი კომპონენტების ოდენობის რამდენიმე ათეულამდე გაზრდა ითხოვს კომპოზიციის მინად გარდაქმნის შესაფასებლად არაერთი ასეული ქიმიური ურთიერთქმედების შესწავლას, რომ არაფერი ვთქვათ მიღებული მინიდან წინასწარ ნავარაუდები კრისტალური ფაზის გამოყოფის პროგნოზირების შესაძლებლობის შესახებ. ამითაა გამოწვეული, რომ ტექნოგენური ნედლეულის შემცველი კომპოზიციის მინაკერამად გარდაქმნის კვლევას და ამ კვლევის პრაქტიკულ გამოყენებას არაერთი ათეული წელიწადი სჭირდება.

კვლევების დროში „გაწელება“ ძირითადად იმის შედეგია, რომ სადღეისოდ არ ჩამოყალიბებულა მრავალათეულკომპონენტიანი სისტემების შესწავლისადმი მეცნიერულად დასაბუთებული მიდგომა. დღეს არსებული შემოთავაზებები არცთუ იშვიათად ითხოვენ ექსპერიმენტულად დადგენილ მონაცემთა ბაზას, რომელიც მარტივი სისტემებისათვის იქმნებოდა მრავალი ათეული წლის განმავლობაში და ნაკლებად გამოსადეგია კომპონენტებით (მინერალებით, ნაერთებით) „დამძიმებული“ ისეთი სისტემებისათვის, როგორცაა ტექნოგენური ნედლეულის შემცველი კომპოზიციები. ამგვარი ვითარება აფერხებს ახალ მასალათა მიღებისადმი გამოიზონულ სამუშაოებს, მეტადრე ისეთ შემთხვევებში, როდესაც საქმე გვაქვს რთული ტექნოლოგიების პროექტირებასთან, მაგალითად მინაკერამიკის მიღებისას.

თუ გაავითვალისწინებთ ზემოთ მოხსენებულსა და იმ ფაქტს, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული თემატიკა უშუალოდაა დაკავშირებული საწარმოთა მყარი ნარჩენების გარემოზე უარყოფითი გავლენის გაუვნებელოფასა და სასარგებლო წიაღისეულის მარაგების რაციონალურ გამოყენებასთან, ვთვლით, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული კვლევის თემატიკა შეიძლება მიეკუთვნოს აქტუალურთა რიცხვს.

სამუშაოს მიზანი. კვლევის ძირითადი მიზანია ტექნოლოგიური ნედლეულის შემცველი მულტიმინერალური კომპოზიციიდან მინაკერა-

მიკის მიღების ფიზიკურ-ქიმიური თავისებურებების დადგენა. იგი გულისხმობს ამგვარი სისტემიდან მინაკერამიკის მიღებისათვის გამიზნული მინის კომპოზიციის თეორიულ პროექტირებას სასურველი კრისტალური ფაზის გამოყოფის გათვალისწინებით, ამ მინის წარმოქმნის პროცესში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიურ მოვლენათა და მათ შედეგად მიღებულ პროდუქტთა ფაზური შედგენილობის თეორიულ შეფასებას, თეორიულად ნავარაუდევო შედეგების ექსპერიმენტულად შემოწმებას.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. ტექნოგენური ნედლეულის როლს ჭიათურის ადგილმდებარეობის მანგანუმის მადნის გამდიდრების ნარჩენები (მმგნ) ასრულებს. კომპოზიცია მიიღებოდა მმგნ-ს, ბაჯითის ადგილმდებარეობის კვარც-მინდვრის შპატური ქვიშის (კბკმქ), ბუნებრივი და სინთეზური წარმომავლობის კალციუმის (მაგნიუმის) და რიგი ოქსიდებისგან.

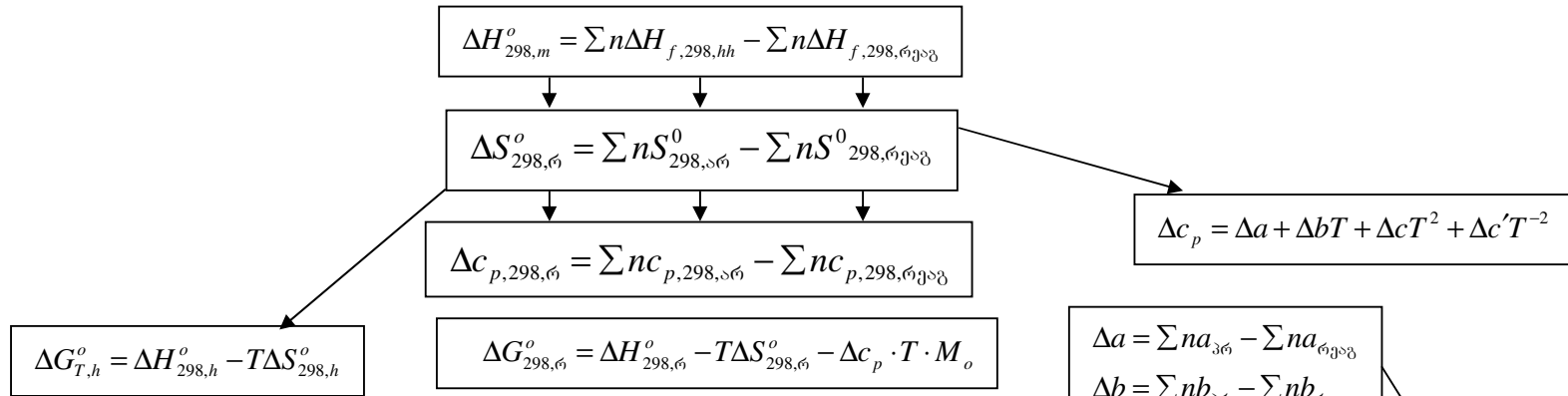
კომპოზიციის და მისი მაღალტემპერატურული ქცევის თეორიული შეფასებისას ვყვრდნობოდით:

- სტუ-ს თანამშრომელთა მიერ შემოთავაზებულ მრავალკომპონენტური სისტემების შესწავლისადმი თერმოდინამიკურ-პეტროქიმიურ მიდგომას, თერმოდინამიკურად „უცნობი“ ნაერთების (მინერალების) თერმოდინამიკური პარამეტრების სტანდარტული მოლური სიდიდეების გაანგარიშების სტრუქტურულ ინგრედიენტთა ადიტიური სისტემის მეთოდს და მინაკერამიკაში კრისტალური და მინისებური ფაზების თანაფარდობის დასადგენად არსებულ მიდგომას;

- კოტლოვას მიერ განხორციელებულ მინიდან მონოკრისტალური ფაზის გამოყოფის უზრუნველყოფის საანგარიშო მეთოდს;

- მინის ენერგეტიკული შეფასების მიუღწერისეულ ხედვას.

თერმოდინამიკურ-პეტროქიმიური მიდგომა ეფუძნებოდა ჯიბსის თავისუფალი ენერჯის მინიმუმაციის მეთოდის რეალიზაციის ოთხ საშუალებას (უღიხის პირველი და მეორე მიახლოება, შვარცმანტემკინისა და კლასიკური მეთოდები), პეტროქიმიკაში გამოყენებად გაანგარიშებებს და ფაზური წონასწორობის სწავლების ძირითად დებულებებს.



ულისხის I მიახლოება

ულისხის II მიახლოება

9

პირობითი აღნიშვნები: $\Delta G_{T,რ}^{\circ}$ - რეაქციის ჯიბის თავისუფალი ენერგია T ტემპერატურაზე, კკალ/მოლი; $\Delta H_{298,რ}^{\circ}$ · $\Delta S_{298,რ}^{\circ}$ - რეაქციის სითბური ეფექტი და ენტროპიის ცვლილება, კკალ/მოლ; $\Delta H_{f,298,არ}^{\circ}$ - პროდუქტების წარმოქმნის სტანდარტული მოლური ენთალპია, კკალ/მოლ; $S_{298,არ}^{\circ}$ - პროდუქტების სტანდარტული მოლური ენტროპია; $\Delta H_{f,298,რეაბ}^{\circ}$ - იგივე, რაც ადრე, მხოლოდ რეაგენტებისა; $S_{298,რეაბ}^{\circ}$ - იგივე, რაც ადრე, ოღონდ რეაგენტებისათვის; Δc_p - რეაქციის სითბოტევადობის ცვლილება, კკალ/(მოლი·K); a, b, c, c' და $\Delta a, \Delta b, \Delta c, \Delta c'$ - $c_p = f(T)$ -სა და $c_p = f(T)$ ფუნქციების კოეფიციენტები, კკალ/(მოლ·K); M_o, M_1, M_2 და M_{-2} - შერცმან-ტემკინის განტოლების ტემპერატურული კოეფიციენტები

$$\Delta G_{T,რ}^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} - T\Delta S_{298}^{\circ} - T(\Delta aM_o + \Delta bM_1 + \Delta cM_2 + \Delta c'M_{-2})$$

შერცმან-ტემკინის მეთოდი

$$\Delta H_{T,რ}^{\circ} = \Delta H_{298,რ}^{\circ} + \int_{298}^T \Delta c_p \cdot dT$$

$$\Delta S_{T,რ}^{\circ} = \Delta S_{298}^{\circ} + \int_{298}^T \frac{\Delta c_p}{T} \cdot dT$$

$$\Delta G_{T,რ}^{\circ} = \Delta H_{T,რ}^{\circ} - T\Delta S_{T,რ}^{\circ}$$

კლასიკური მეთოდი

ნახ. 1. ჯიბის თავისუფალი ენერგიის მინიმიზაციის მეთოდის რეალიზაციის სქემები

სტრუქტურული ინგრედიენტების ადიტიური სისტემის მეთოდი ემყარებოდა სილიკატური ნაერთების კრისტალოქიმიურ კლასიფიკაციას.

ექსპერიმენტული კვლევებისათვის მყარი კრისტალური და ამორფული სხეულების შესწავლაში ფართოდ გამოყენებადი მეთოდები გამოიყენებოდა.

მეცნიერულ სიახლეთა რიცხვს მიეკუთვნება:

- მინაკერამიკის მისაღებად გამიზნული მინის კომპოზიციის შედგენილობის, მასში თერმული დამუშავებისას მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური ურთიერთქმედებების არსისა და თანმიმდევრობის, მათ შედეგად მიღებული პროდუქტების ფაზური შედგენილობის, მინიდან ჩვენთვის საჭირო კრისტალური ფაზის თეორიული შეფასება-პროგნოზირებისადმი კომპლექსური მიდგომის გამოყენება, რომელიც ეფუძნება აღნიშნული მინის ენერგეტიკული მდგომარეობის მიუღწერისეულ ხედვას;
- სილიკატების კრისტალოქიმიური კლასიფიკაციის კაუბად-ქანგბადოვანი ტეტრაედრების ჯაჭვების სახით შეკავშირებული პიროქსენული ჯგუფის მონოკლინური მინერალების წარმოქმნის სტანდარტული მოლური ენთალპიისა და ჯიბის თავისუფალი ენერჯის, სტანდარტული მოლური ენტროპიისა და სითბოტევადობის სიდიდეების დადგენა სტრუქტურული ინგრედიენტების ადიტიური სისტემის მეთოდის რეალიზაციით;
- პიროქსენული ჯგუფის მინერალთა მიღებით მიმდინარე მყარფაზა რეაქციების ჯიბის თავისუფალი ენერჯისა და წონასწორობის მუდმივას ტემპერატურული დამოკიდებულების განსაზღვრა;
- ექსტრემალურ პირობებში თერმული დამუშავებისას სხვადასხვა ტემპერატურულ ინტერვალში კომპოზიციიდან გამოდევნილი ნაღობის მიხედვით მინის ხარშვის სხვადასხვა ეტაპზე თხევადი ფაზის შედგენილობის ცვლილების დადგენის საშუალებების შემოთავაზება.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა განისაზღვრება პრაქტიკაში კვლევით მიღებული შედეგების გამოყენებით ტექნოგენური ნედლეულის შემცველი კომპოზიციის შედგენილობის, მინაკერამიკის მისაღებად გამოიზნული მინის წარმოქმნის ენერგეტიკული საკითხების დადგენისა და გადაწყვეტის დროს. შრომის, მასალებისა და ენერგოტევალობის, ექსპერიმენტული კვლევების მოცულობისა და შესაბამისად მათი ხანგრძლივობის შემცირებით.

ქიმიურ თერმოდინამიკაში მოპოვებული 15-მდე მინერალის თერმოდინამიკური პარამეტრების სტანდარტული მოლური სიდიდეებისა და 100-ზე მეტი მყარფაზა რეაქციათა ჯიბსის თავისუფალი ენერჯისა და წონასწორობის მუდმივას ტემპერატურული დამოკიდებულების შესახებ მონაცემები შეიძლება იყოს საცნობარო მონაცემთა ბაზაში შეტანილი, რამაც ხელი უნდა შეუწყოს არა მხოლოდ მინაკერამიკის მიღებასთან დაკავშირებული საკითხების გადაჭრას.

კვლევის შედეგების გამოყენების სფეროები. კვლევით მიღებული შედეგები შეიძლება წარმატებულად იქნას გამოყენებული სხვადასხვა ამორფული და კრისტალური მყარი მასალების კვლევისა და წარმოების სფეროში, კერძოდ: სხვადასხვა დანიშნულების მინისა და კერამიკის, სხმული ქვებისა და მინაკერამიკის, სხვა მაღალტემპერატურული ტექნოლოგიებით განხორციელებულ მასალათა და კომპოზიციათა მიღება, რომელთა გამოსავალ კომპოზიციებში როგორც ტრადიციული, ისე ტექნოგენური ნედლეული შედის.

მრავალკომპონენტიანი სისტემების კვლევისადმი მიდგომით, ჩვენის აზრით, უნდა დაინტერესდნენ გარემოსდაცვითი საკითხებით დაკავებული სპეციალისტები, რომელთა მიზანი სხვადასხვა საწარმოთა მყარი ნარჩენების რაციონალური უტილიზაციის შესახებ გადაწყვეტილების მიღებაა.

კვლევებისადმი მიდგომა და მიღებული შედეგების ნაწილი (კომპოზიციის დაპროექტება, ნივთიერებათა და მაღალტემპერატურული პროცესების ენერგეტიკული შეფასება, ახალი თერმოდინამიკური მონაცემები და სხვა) შეიძლება შეტანილი იქნას ბაკალავრიატის, მაგისტრატურისა და დოქტორანტურის რიგ მიმართულებათა პროგრამებში.

სამუშაოს აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებულ და განხილულ იქნა „საერთაშორისო სტუდენტურ კონფერენციაზე“ (თბილისი, 2010წ.), საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე „ინოვაციური ტექნოლოგიები და თანამედროვე მასალები“ (ქუთაისი, 2010წ.), საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ (თბილისი, 2010წ.), რესპუბლიკურ კონფერენციაზე – Republic Conference of Young Scientists “CHEMISTRY TODAY” (თბილისი, 2011წ.); საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე „ქალი და XXI საუკუნე“ (თბილისი, 2011წ.).

პუბლიკაციები: სადისერტაციო ნაშრომის შედეგები წარმოდგენილია 4 სამეცნიერო-ტექნიკურ პერიოდიკასა და 9 ადგილობრივ და საერთაშორისო კონფერენციების მასალათა კრებულში.

სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი კომპიუტერული წყობის 150 გვ-ზეა შესრულებული, ნაშრომი ორ ნაწილს, 7 თავს, 17 ქვეთავსა და დასკვნებს შეიცავს. ნაშრომში 34 ცხრილი და 38 ნახაზია, ციტირებული საინფორმაციო წყარო 129 დასახელებით განისაზღვრება.

სამუშაოს ძირითადი ნაწილი

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

საინფორმაციო წყაროებში არსებული ინფორმაციის მიმოხილვა სამ თავს შეიცავს. პირველ მათგანში ხდება ინფორმაციის მოწოდება – ჯერ განიხილება მინაკერამიკის სფეროში დღეს არსებული ზოგადი ინფორმაცია, მეორე თავში – კომპლექსური ნედლეულის მონაწილეობით მინაკერამიკის მიღების საკითხები და მინაკერამიკის მიღებისას მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების შესახებ არსებული მონაცემების ანალიზი. მესამე თავში დასასრულს შემოთავაზებულია საინფორმაციო წყაროებში არსებული მონაცემების ანალიზის (მოკლე დასკვნები), რომელთა საფუძველზე ხდება თემატიკის აქტუალობის დასაბუთება, კვლევის ძირითადი მიზნისა და ამოცანების ჩამოყალიბება, კვლევის მეთოდებისა და მასალების შერჩევა.

განხილული მასალის ანალიზის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ მარტივი სისტემებიდან მინაკერამიკის მიღების თეორიული საფუძვლები საკმაოდ მაღალ დონეზეა განხილული. ჩამოყალიბებულია მიმართული დაკრისტალების მეთოდის თითქმის ყველა სტადიაში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები დაკრისტალების თეორიის ძირითად დებულებებზე დაყრდნობით, მაგრამ ნაკლებადაა შესწავლილი მინაკერამიკის მიღების საწყისი სტადიები ანუ დაკრისტალების პირველი ეტაპი. ამითაა გამოწვეული, რომ დღესაც ჩანასახების წარმოქმნა ისევ ჰიპოთეზების დონეზე განიხილება.

იქმნება შთაბეჭდილება, რომ საწყისი მინის მიღების პროცესს მინაკერამიკის მიღებისას სათანადო ყურადღება არ ექცევა. ეს კი ბადებს კითხვას, რა მდგომარეობის (სტრუქტურის, აღნაგობის) ნაღობიდან იწყება მინაკერამიკის მიღების პროცესი? ამ კითხვაზე სამწუხაროდ ერთგვაროვანი პასუხი სადღეისოდ არ არსებობს.

ზემოთ დასმული კითხვები ძალაში რჩება და მეტ სიმკვეთრეს იძენს მიმართული კრისტალიზაციის მეთოდის კომპლექსური ნედლეულის გამოყენებით მიღებული მინაკერამიკის შესწავლისას. სათანადო გათვალისწინების გარეშე რჩება – ტექნოგენური ნედლეულის მინერალოგიური შედგენილობა, რომელშიც შესაძლოა ხუთი და მეტი ბუნებით განსხვავებული მინერალი იყოს, რაც თავისთავად ართულებს კვლევას.

საინფორმაციო წყაროებში არსებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე გამოიკვეთა ორი ძირითადი საკითხი, რომლებიც მოითხოვენ კვლევას და გარკვევას საწყის კომპოზიციაში ტექნოგენური ნედლეულის არსებობისას:

- საწყის კომპოზიციაში შემავალი ტექნოგენური ნედლეულის მინერალოგიური შედგენილობის გავლენა მინის მიღების ენერგეტიკასა და მის სტრუქტურაზე;
- მინის ხარშვის მაქსიმალური ტემპერატურის გავლენა ტექნოგენური ნედლეულის გამოყენებით მიღებული მინისა და მინაკერამიკის სტრუქტურასა და ფაზურ შედგენილობაზე.

ურთიერთობაში ამ საკითხების გარკვევა შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგი ფორმულირებით „ტექნოგენური ნედლეულის გამოყენებულ მინაკერამიკის მიღების ფიზიკურ-ქიმიური საკითხების შესწავლა“.

ტექნოგენური ნედლეულის მაგალითად შერჩეულია ჭიათურის მანგანუმის მადნის გამდიდრების ნარჩენები. არჩევანი ემყარება ფიზიკური და კოლოიდური ქიმიის მიმართულებაზე ამ ნარჩენების შესწავლის სფეროში მოპოვებულ გამოცდილებას.

ძირითადი მიზნის მისაღწევად დასახულია შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

- კონკრეტული კომპოზიციის პროექტირება ტექნოგენური ნედლეულის მაქსიმალური გამოყენებით;
- ჭიათურის მადნის გამდიდრების ნარჩენების მინერალოგიური შედგენილობის გათვალისწინებით კომპოზიციებში გახურებისას მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების არსისა და ამ პროცესების შედეგად მიღებული პროდუქტების ფაზური შედგენილობის პროგნოზირება;
- ლაბორატორიულ პირობებში თეორიულად ნავარაუდევო შედეგების ექსპერიმენტული შემოწმება.

აქედან გამომდინარე იკვეთება დასახული კვლევის **ძირითადი მიზანი** – ტექნოგენური ნედლეულის გამოყენებით მინაკერამიკის მიღების, ჩვენის აზრით ნაკლებად შესწავლილი საკითხების განხილვა, ამ განხილვას დღეს ამ სფეროში არსებული თეორიული მოსაზრებები შეუძლია გაამდიდროს, რაც აქტიურად შეიძლება გამოყენებული იქნას თეორიული კვლევების თუ თანამედროვე ახალი მინამასალების მიღების ტექნოლოგიებში.

2. შედეგები და მათი განსჯა

2.1. კვლევაში გამოყენებული მეთოდები და მასალები

მეორე ნაწილი 7 თავსა და 8 ქვეთავს შეიცავს. კვლევაში გამოყენებული მეთოდები და საშუალებები ორ ჯგუფად შეიძლება დაიყოს: საანგარიშო და ექსპერიმენტული მათ გარდა მეორე ნაწილში განხილვება კვლევისას გამოყენებული მასალების (ნედლეულის) ზოგადი თავისებურებანი, რომელთა გარეშე რთულია მათი მონაწილეობით

მიღებულ კომპოზიციაში მინაკერამიკის მიღებისას მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების დასაბუთებული განხილვა.

აღნიშნულ ამოცანათა გადასაჭრელად დაიგეგმა შემდეგი საშუალებები: მაღალტემპერატურული შეფასების თერმოდინამიკურ-პეტროქიმიური მიდგომა, რომელიც ეფუძნება პროცესთა შეფასების ჯიბსის თავისუფალი ენერჯიის მინიმიზაციის მეთოდს, ნორმატიულ მინერალებზე პეტროქიმიურ გადაანგარიშებს; ვანტ-ჰოფის იზოთერმის გამოყენებას, შესაბამისი სისტემების მდგომარეობის დიაგრამებში არსებული მონაცემების ანალიზს, ჯიბსის თავისუფალი ენერჯიის ვირტუალურ დადგენას, პროექტირების კოტლოვა-ცვეტკოვას მეთოდი.

2.2. ექსპერიმენტული მეთოდები

თეორიულად ნავარაუდები მოვლენების შემოწმებისათვის გამოიყენებოდა მყარი ამორფული და კრისტალური სხეულების სფეროში აღიარებული მეთოდები, მათ შორის:

- დიფერენციალურ-თერმული ანალიზი;
- რენტგენოფაზური ანალიზი;
- იწ-სპექტროსკოპული ანალიზი (შთანთქმის სპექტრები).

2.3. გამოყენებული მასალები

კვლევაში ძირითადად ჭიათურის მანგანუმის მადნის გამდიდრების ნარჩენები (მმგნ) გამოიყენებოდა. არჩევანის მიზეზები:

- ნარჩენები წვრილდისპერსული მასალითაა წარმოდგენილი, რაც გამორიცხავს მის წინასწარ მექანიკურ დამუშავებას;
- ნარჩენების ოქსიდური შედგენილობა მუდმივი კონტროლის ქვეშ იყო, მათ შორის სტუ-ს თანამშრომელთა მხრიდან უკანასკნელი 20 წლის მანძილზე;
- ნარჩენების ოდენობა (მარაგი) წარმოების ასამოქმედებლად საჭირო მარაგს უტოლდება (~200 მლნ. ტნ).

იგი 23 მინერალისაგან შედგება (ცხრ. 1). მისი ოქსიდური შედგენილობა მოყვანილია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი №1. მზგნ-ის მინერალოგიური შედგენილობა

მზგნ	მინერალების შემცველობა, მას. %											
	Ap	Ru	BS	FeS ₂	Gtt	Mu	Kt	Gl	H	Mt	Gt	Or
	0,74	0,30	1,21	0,61	2,49	3,98	0,77	1,06	2,06	1,40	0,88	4,68

მინერალების შემცველობა, მას. %											
Ab	An	Cc	Mc	M'c	Man	PsI	Pyr	W	Q	Op	H ₂ O
17,43	8,43	3,87	1,31	3,79	2,11	4,10	0,98	4,04	26,70	26,70	4,00

პირობითი აღნიშვნები: Ap—აპათიტი; Ru—რუთილი; Ba-Su---ბარიტი; FeS₂—პირითი; Gtt—გეოთიტი; Mu—მუსკოვიტი; Kt—კაოლინიტი; Gl—გლაუკონიტი; H—ჰეილანდიტი; Mt—მონტიმორინოლიტი; Gt—გალუაზიტი; Or—ორთოკლაზი; ab—აბსითი; An—ანორტიტი; Cc—კალციტი; Mc—მაგნეზიტი; M'c—როდოხრიზიტი; PsI—პსილომელანი; Pyz—პიროლუზიტი; W—ვადი; Q—კვარცი; Op—ოპალი; Man—მანგანიტი.

ცხრილი №2. მონოკომპოზიციის ოქსიდური შედგენილობა მოლურ წილებში

მზგნ-ის შედგენილობა	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
აქროლალების გარეშე მას%-ში	0,36	0,31	9,00	59,56	9,85	2,96	0,21
იგივე, მოლთა რაოდენობა	0,0025	0,0039	0,1035	0,9913	0,0966	0,0185	0,0029
იგივე, მოლთა წილებში	0,0017	0,0026	0,0692	0,6626	0,0646	0,0124	0,0019

ცხრილი №2-ის გაგრძელება

BaO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Σ
0,82	7,26	4,49	1,44	1,75	1,72	0,57	100,00
0,0053	0,1023	0,0801	0,0357	0,0186	0,0278	0,0071	1,4961
0,0035	0,0684	0,0535	0,0239	0,0124	0,0186	0,0047	1,0

პეტროქიმიურ გადაანგარიშებაზე დაყრდნობით კომპოზიციის შექმნაში გამოყენებული იქნა დამატებით დედოფლისწყაროს ადგილმდებარეობის კირქვა, სკურის ადგილმდებარეობის დოლომიტი, კალციინირებული სოდა მიღებული კონცერნ „SISEGAM“-ის სს „მინა“-დან.

2.4. მინაკერამიკის კომპოზიციის პროექტირების

ფიზიკურ-ქიმიური საკითხები

კვლევების დაწყებამდე გაანალიზებული იქნა მინისებური მდგომარეობის სადღეისოდ არსებული შეხედულება, რომელთა მიხედვით მინა ინარჩუნებს კრისტალიზაციურ „მეხსიერებას“. ის, რომ ამგვარი მიდგომა პირველ მიახლოებებში მართებულია, ნათლად იკვეთება რუდოლფ მიულერის მიერ დადგენილ ფაქტში ერთი და იგივე ნაერთის კრისტალური და მინისებური ფორმის შიდა ენერგია 85-97%-ით მოკლედმოქმედი ძალებითაა განპირობებული. დანარჩენი მოდის შორეულად მოქმედ ძალებზე. გარდა ამისა, არსებობს მრავალი მტკიცება, მათ შორის საქართველოშიც მოპოვებული, რომ მინას მეტადრე მიღებულს მრავალმინერალური სისტემიდან, ახასიათებს კრისტალური მოწყობის „მეხსიერება“, რაც გამოისახება „სტრუქტურული ერთეულებით“.

ამავე სტადიაზე მიღებული იქნა მომავალი მინაკერამიკის კრისტალური ფაზის ბუნების შესახებ გადაწყვეტილება. არჩევანი პიროქსენებზე შეჩერდა შემდეგი მოსაზრებების გამო:

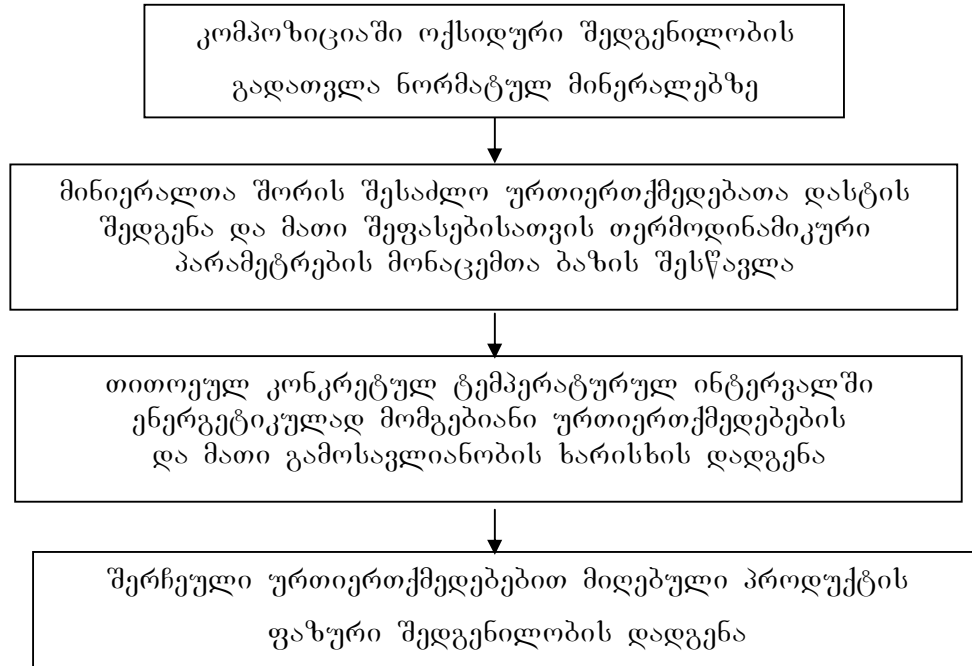
- პიროქსენული მინის მიღება ითხოვს ნაკლებ ტემპერატურას, ვიდრე სხვა რომელიმე;
- პიროქსენული მინაკერამები საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი;
- პიროქსენული შედგენილობის სხმული ქვების პრაქტიკაში არსებობს პიროქსენული ნაღობების მიღებისათვის კომპოზიციის გაანგარიშების მეტად ეფექტური ხერხი (კოტლოვა-ცვეტკოვას მეთოდი).

კომპოზიციის შედგენილობის პროექტირება, განხორციელებული კოტლოვა-ცვეტკოვას მეთოდით, რამდენიმე სტადიას შეიცავდა. რათა დადგენილი იყო ჩვენთვის სასურველი შედგენილობის კრისტალური ფაზის გამოყოფა მიღებული მინის მინაკერამიკაში გადაყვანისათვის. ამ გაანგარიშების მიმდევრობისა და მიღებული შედეგების ცხრილი №3 ასე გამოიყურება.

ცხრილი №3. მონომინერალური პიროქსენული კომპოზიციის ანგარიში

ოქსიდები	შემცველობა მას%	შემცველობა მოლეკულაში	მინერალები (ნაერთები)										ნაშთი	დამატებით შესაყვანი, მოლეკ	დამატებით შესაყვანი, მას.წ.	შედგენილობა, მას.წ. და მას%		შედგენილობა მოლეკულაში	
			$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{MnO} \cdot 2\text{SiO}_2$	$2\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2$	$\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$				საერთო	დაყვანილი 100,00მას%-ზე	საერთო	დაყვანილი 1 მოლზე
P_2O_5	0,36	0,0025											0,0025			0,36	0,33	0,0025	0,0016
TiO_2	0,31	0,0039			0,0039											0,31	0,39	0,0039	0,0023
SiO_2	9,00	0,1035								0,0933	0,0102					0,89	0,82	0,0102	0,0061
MnO_2	59,56	0,9913	0,1112	0,0744		0,0649	0,0113	0,0029	0,0357	0,3502		0,0053	0,3354			53,56	54,83	0,9913	0,5931
Al_2O_3	9,85	0,0966	0,0278		0,0039	0,0649										9,85	9,07	0,0966	0,0578
Fe_2O_3	2,96	0,0186		0,0186												2,96	2,72	0,0186	0,0111
FeO	0,21	0,0029						0,0029								0,21	0,19	0,0029	0,0018
BaO	0,82	0,0053										0,0053				0,82	0,75	0,0053	0,0032
MgO	7,26	0,1023								0,0818	0,0205					13,87	12,77	0,1956	0,1170
CaO	4,49	0,0801			0,0039	0,0649	0,0113			0,1751				0,1751	9,82	14,31	13,18	0,2552	0,1527
MnO	1,44	0,0357							0,0357							1,44	1,33	0,0357	0,0214
K_2O	1,75	0,0186		0,0186												1,75	1,61	0,0186	0,0111
Na_2O	1,72	0,0278	0,0278													1,72	1,58	0,0278	0,0166
SO_3	0,57	0,0071											0,0071			0,57	0,52	0,0071	0,0042
	100,00	1,4961	0,1668	0,1116	0,0117	0,1947	0,0226	0,0058	0,7014	0,7004	0,0307	0,0106	0,3450			108,62	100,00	1,6713	1,0000

ოპტიმალური კომპოზიციის დადგენის შემდეგ განხორციელდა მასში შემაჯავლი მინერალების ურთიერთქმედების შესაძლებლობებისა და მომგებიანობის შესწავლა თერმოდინამიკურ-კეტროქიმიური მიდგომით. ამ ფაქტორთა შეფასების მიმდევრობა იყო შემდეგი:



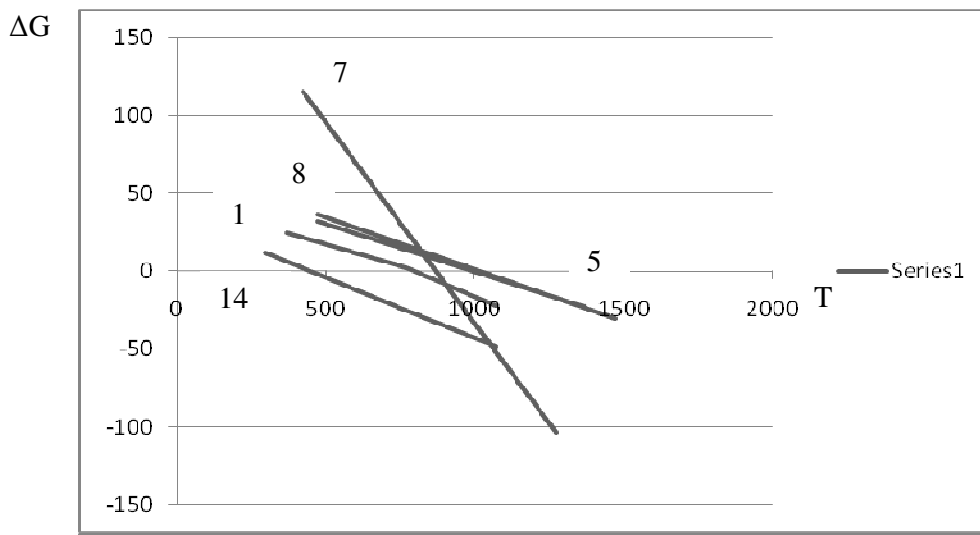
შეფასებული იქნა 100-ზე მეტი რეაქცია, როგორც თერმოდინამიკური პარამეტრების მონაცემთა ბაზის, ისე სტრუქტურული ინგრედენტების ადიტიური სისტემის მეთოდით მიღებულ სიდიდეთა გამოყენებით. მაგალითისათვის მოგვყავს ულიხის პირველი მიახლოებით რიგი რეაქციების შეფასების შედეგები ცხრილის სახით (ცხრ. 4).

ცხრილი №4. პიროქსენული შედგენილობის უზრუნველყოფელი რეაქციების შეფასება

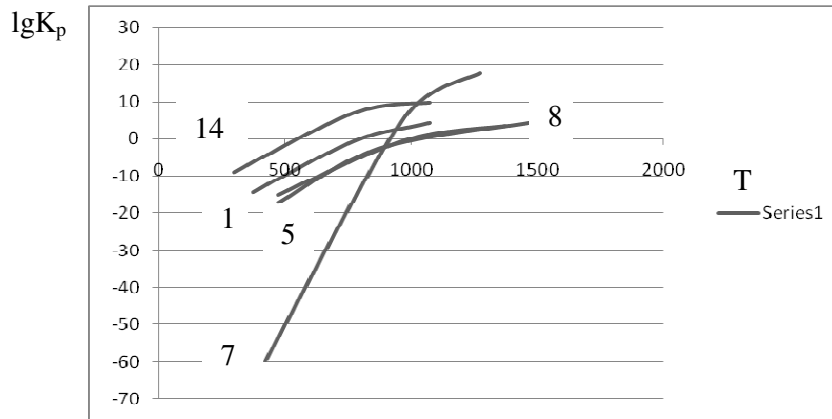
№	რეაქციები	ფუნქციის განტოლება კკალ/მოლ	$\Delta G_{T,P}^o$	$\lg K_{p,T}$	
				T, K	$\lg K_p$
1	2	3	4	5	6
1	$Fe_2O_3 \cdot H_2O + K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + CaCO_3 \rightarrow K_2O \cdot Fe_2O_3 \cdot 4H_2O + CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 + SiO_2 + H_2O + CO_2$	68,69-0,0673 T	-10,25	1133	1,90
2	$Fe_2O_3 \cdot H_2O + K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O + 3CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow K_2O \cdot Fe_2O_3 \cdot 4SiO_2 + 3(CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2) + 3H_2O + CO_2$	169,23-0,2180 T	2,72	773	-0,20
3	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + TiO_2 + 2CaCO_3 \rightarrow CaO \cdot Al_2O_3 \cdot TiO_2 + (CaO \cdot SiO_2) + SiO_2 + H_2O + CO_2$	105,67-0,1925 T	-23,88	673	7,75

4	$\text{BaSO}_4 + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 - 6\text{H}_2\text{O} + 5\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + 5(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{BaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{SiO}_2 + \text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 + 5\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	319,26-0,4530 T	-30,8	773	8,74
5	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{SiO}_2 + 3\text{MgCO}_3 + 3\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + 3(\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2) + 2(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2$	224,33-0,2573 T	-26,02	973	5,84
6	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2$	45,39-0,0648 T	-76,01	1173	5,1
7	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 + 2\text{CaCO}_3 + 2\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 + 2(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 2\text{CO}_2$	61,74-0,0618 T	-72,49	1173	4,71
8	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 + 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2$	35,6-0,0784 T	-25,01	773	7,07
9	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{CO}_2$	39,09-0,0374 T	-8,52	1273	1,46
10	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 + 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{MnO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2$	39,83-0,0786 T	-13,06	673	4,24
11	$\text{MnO}_2 + \text{CaCO}_3 + 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{MnO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 1/2\text{O}_2 + \text{CO}_2$	44,18-0,0599 T	-2,13	773	0,60
12	$\text{Mn}(\text{OH})_2 + 2\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 \rightarrow (\text{CaO} \cdot \text{MnO} \cdot 2\text{SiO}_2) + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	29,49-0,0705 T	-10,91	573	4,16
13	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{MnO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{MnO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 1/2\text{O}_2 + \text{CO}_2$	63,8-0,0577 T	-3,9	1173	0,72
14	$\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow (\text{CaO} \cdot \text{MnO} \cdot 2\text{SiO}_2) + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	49,10-0,0662 T	-15,31	973	3,43

არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით აიგო $\Delta G_{T,h}^o = f(T)$ და $\lg K_{p,T} = f(T)$ დამოკიდებულებები:



ნახ. 2. რიგი მყარფაზა რეაქციის $\Delta G_{T,h}^o - T$ დამოკიდებულება



ნახ. 3. რიგი მყარფაზა რეაქციის $\lg K_{p,T} - T$ დამოკიდებულება

თერმოდინამიკურ-პეტროქიმიურმა შეფასებამ გვიჩვენა, რომ:

- 298-873K ინტერვალში შესაძლებელია წყალშემცველ ალუმინსილიკატების და კარბონატების მყარფაზა რეაქციები SiO_2 მონაწილეობით, ან მის გარეშე, მოსალოდნელია მანგანუმის ჰიდროქსიდების გაუწყლოება, მიღებულ ოქსიდთა გარდაქმნების დაწყება და ჰემატიტის კარბონატებთან და SiO_2 -თან ურთიერთქმედების დაწყება;

- 873-1173K ინტერვალში აღნიშნული რეაქციების ინტენსიფიკაციაა მოსალოდნელი თხევადი ფაზის გამოჩენის გამო, თუმცა კი ამ ინტერვალში დამუშავების შედეგად მიღებულ პროდუქტში დომინანტურია მინდვრის შპატები და კვარცი. მათთან თანაარსებობენ პიროქსენებიც. უნდა წარამოიქმნას ჰაუსმანიტიც;

- 1173-1473K ინტერვალში თემრულად დამუშავების პროდუქტის ფაზური შედგენილობის რადიკალური შეცვლის ტემპერატურულ ინტერვალად შეიძლება შეფასედეს. მოსალოდნელია თხევადი ფაზის მნიშვნელოვანი მატება. დომინანტური ხდება კრისტალური პიროქსენული ფაზა. მათთან თანაარსებობენ მინდვრის შპატები და კვარცი;

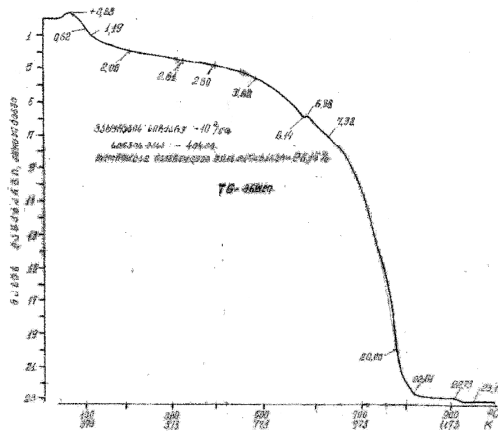
- 1473-1623K ინტერვალში მოსალოდნელია პიროქსენტა ინტეგრირება მყარი ხსნარების სახით. მათ გარდა კვარციცაა. ინტერვალის ზედა ზღვართან მოსალოდნელია ამორფული მასის 95%-მდე გაზრდა;

- 1673-1723K ინტერვალში კომპოზიტი, მხოლოდ ამორფული ფაზით უნდა ხასიათდებოდეს;

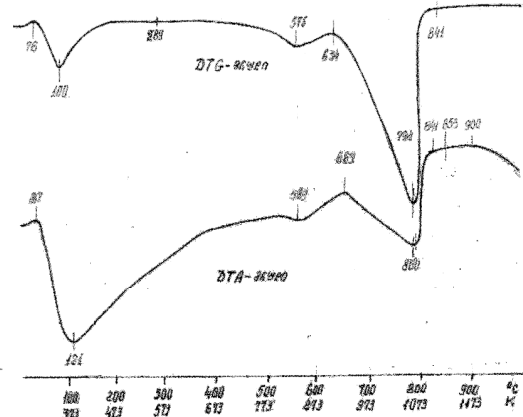
- ნაღობში და მისი გადაციებით მიღებულ ამორფულ მყარ სხეულში მოსალოდნელია ძირითადად პიროქსენმაგვარი სტრუქტურული ერთეულების არსებობა ჭარბი კაუბადუანგბადიანი და მანგანიტური მიკროლიკვაციური უბნები.

2.5. კომპოზიციის ექსპერტიმენტული კვლევა და შედეგების განსჯა

თეორიულად დადგენილი მოვლენების დასადასტურებლად საჭირო იყო ექსპერიმენტული მტკიცებანი, რასაც მიეძღვნა კვლევის ეს ნაწილი.

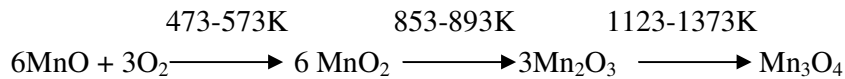


ნახ. 4. I კომპოზიციის TG-მრუდი

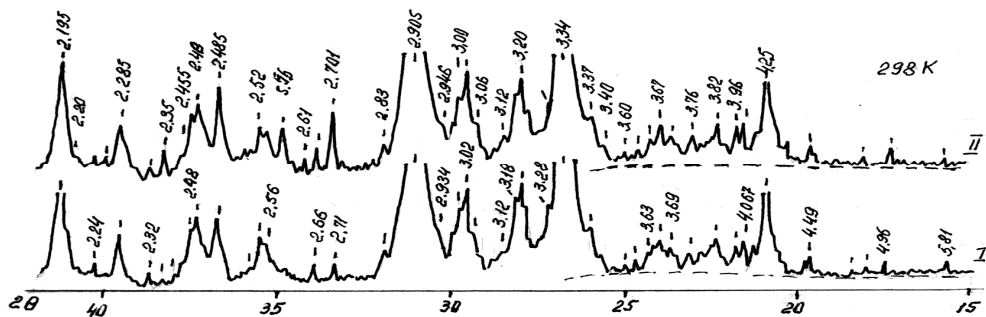


ნახ. 5. I კომპოზიციის DTG და DTA-მრუდები

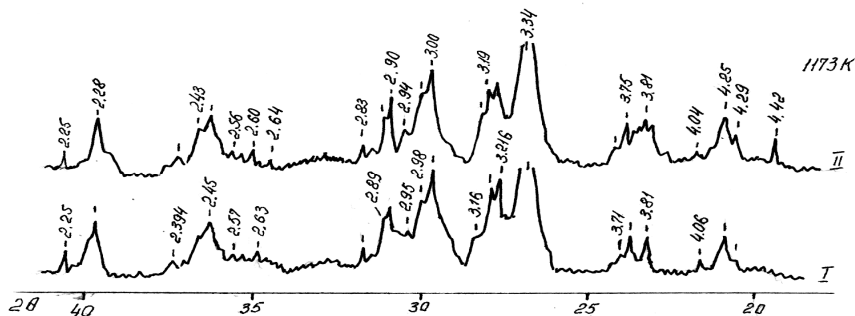
დიფერენციალურ-თერმულმა ანალიზმა მისი სამივე მრუდით დაადასტურა 298-1273K ინტერვალში ნავარაუდები მოვლენები TG და DTG-მრუდებზე მასის ცვლილებისა და DTA-ზე თერმული ეფექტებით. მიღებული იქნა დამატებითი ინფორმაცია მანგანიტური ნაწილის გარდაქმნათა შესახებ, რომელიც კარგად შეესაბამება ლიტერატურაში მოყვანილს.



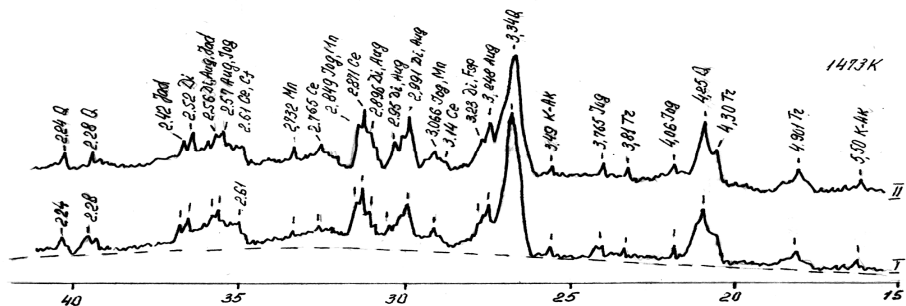
მიღებული შედეგების გასაანალიზებლად მივმართეთ რენტგენოფაზურ ანალიზს. მიღებული დიფრაქტოგრამები მოცემულია ნახ. 6, 7, 8, 9. (I-ით აღინიშნება ჰედენბერგითი კორექტირებული კომპოზიცია, ხოლო II-თი – აკმითი კორექტირებული).



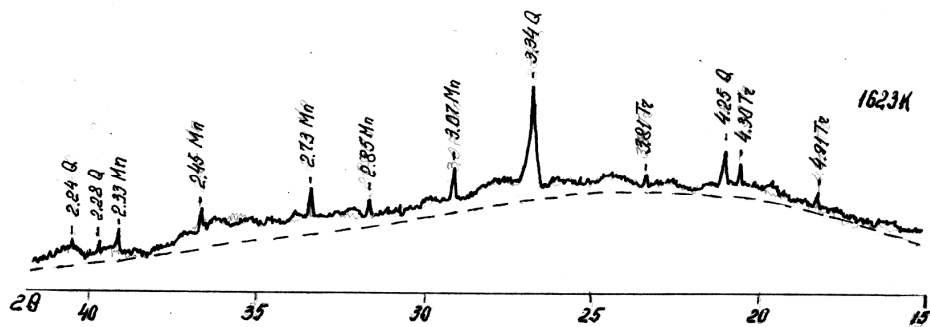
ნახ. 6. 298 K-ზე I და II კომპოზიციების დიფრაქტოგრამების ფრაგმენტი



ნახ. 7. 1173K-ზე I და II კომპოზიციების დამუშავებით მიღებული პროდუქტის დიფრაქტოგრამის ფრაგმენტი



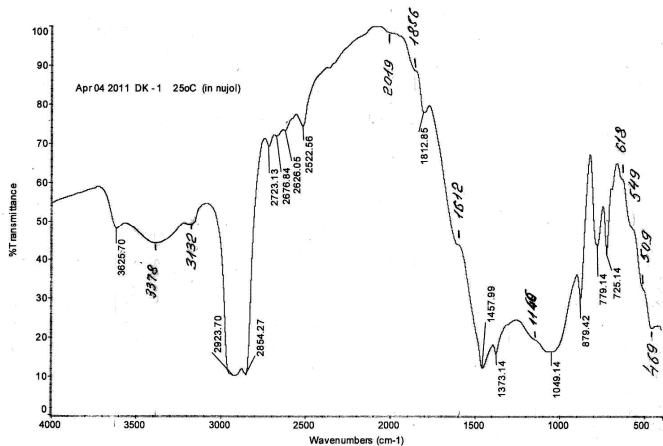
ნახ. 8. 1473K-ზე I და II კომპოზიციების დამუშავებით მიღებული პროდუქტების დიფრაქტოგრამების ფრაგმენტი



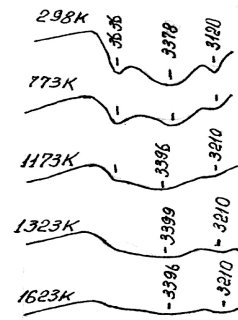
ნახ. 9. 1623K-ზე ორივე კომპოზიციის დიფრაქტოგრამის ფრაგმენტი

1173-1473K-ზე დამუშავებულმა დიფრაქტოგრამებმა ნათლად გვიჩვენა კომპოზიციის ფაზური შედგენილობის დომინანტურად მინდვრის შპატ-კვარცოვანიდან პიროქსენ-კვარციანზე გადასვლის ნავარაუდები შესაძლებლობა. ტემპერატურის გაზრდით მანგანუმის ოქსიდთა ინდივიდუალური ურთიერთქმედებით ჰაუსმანიტიც მიიღება. აკმითისა და სხვა პიროქსენების როგორც იზომორფული რიგის მინერალების წარმოქმნა შეინიშნება. ამავე დროს, დიფრაქტოგრამებმა ისეთ მოვლენებზე მიგვითითა, რომლებიც ჩვენს მიერ არ იქნა გათვალისწინებული, ეს პირველ რიგში ტრიდიმიტის გამოჩენასა და ამა თუ იმ მოვლენის უფრო დაბალ ტემპერატურებზე წარმართვას ეხება, ვიდრე ეს იყო ნავარაუდები.

ინფრაწითელმა სპექტროსკოპიამ ძირითადად აქროლად ნივთიერებათა შემცველი კომპონენტების ქცევის უკეთ გაგების საშუალება მოგვცა.



ნახ. 10. I კომპოზიციის შთანთქმის იწ-სპექტრი



ნახ. 11. I

კომპოზიციის და მისი თერმული დამუშავებით მიღებული პროდუქტების იწ-სპექტრის ფრაგმენტები

დადგინდა, რომ ჩვენს მიერ ნავარაუდები CO₂-ის სისტემიდან „გასვლა“ უფრო დაბალ ტემპერატურებზე ხდება, ვიდრე ჩვენ ვივარაუდეთ, ხოლო H₂O-ს სისტემიდან სრული მოცილება ნავარაუდებზე უფრო მაღალ ტემპერატურებზეა მოსალოდნელი.

საერთო ჯამში თეორიულად ნავარაუდები მოვლენები დამაკმაყოფილებელ შესაბამისობაში აღმოჩნდა რეალობაში მიმდინარეებთან. ამით შეიძლება დავკმაყოფილიყავით, რომ არა იმის მტკიცების

მოპოვების აუცილებლობა, რომელიც დაადასტურებდა მინის თერმული დამუშავებისას ნავარაუდები პიროქსენების გამოყოფას.

2.6. ნავარაუდები მინის მიღებისა და მისგან გამოყოფილი ფაზის ლაბორატორიული შემოწმება

თეორიული თუ ექსპერიმენტული მეთოდებით მიღებული შედეგების შემდეგ დასადგენი დარჩა იმის შემოწმება, რამდენად შეესაბამებოდა ტექნოგენური ნედლეულის გამოყენებით მიღებული მინის მიღებისა და მისგან თეორიულად ნავარაუდები პიროქსენული ფაზის გამოყოფის შესახებ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოსაზრებების მართებულობა.

მინის მიღება განხორციელდა ლაბორატორიულ პირობებში. ცდისათვის აღებული იქნა აკმიტით კორექტირებული ოქსიდური შედგენილობის ჩვენს მიერ დაპროექტებული მინის კომპოზიცია (იხ. ცხრ. №5) მასში შეყვანილი იქნა მინის ტექნოლოგიაში აღიარებული ხარშვის დანამატები – დამაჩქარებლები (CaF_2 და H_3BO_3) კომპოზიციაში შემავალი კომპონენტების ჯამური რაოდენობის ზევით, რამაც წესით არ უნდა შეცვალოს მინისათვის დამახასიათებელი თვისებები (ცხრ. 6).

ცხრილი 5. მინის ოქსიდური შედგენილობა (მას. %)

P_2O_5	TiO_2	MnO_2	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	BaO	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	Σ
0,30	0,27	0,74	49,17	8,13	9,88	0,17	0,67	11,45	11,82	1,19	4,30	1,44	0,47	100,00

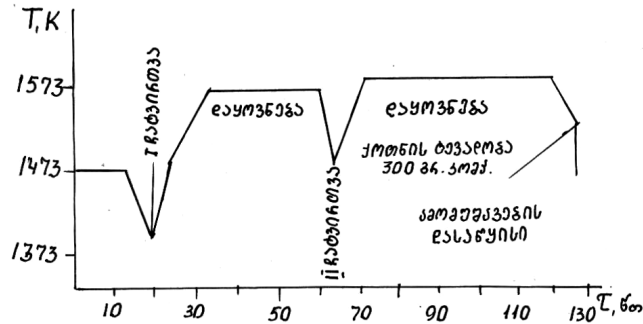
ცხრილი 6. კომპოზიციის შედგენილობა

მმგნ	Fe_2O_3	CaCO_3	Na_2CO_3	CaF_2	H_3BO_3	Σ
87,76	7,50	16,24	5,96	1,3	3,2	121,96

კომპოზიციის მცირე უღუფების ხუთჯერადი ხარშვის შედეგად მიღებული მინის ტემპერატურული რეჟიმის გრაფიკული გამოსხვა ნახ.12-ზეა წარმოდგენილი.

ჩვენი სურვილი იყო დაგვედგინა ცვლის თუ არა მინის ტექნოლოგიაში მიღებული ხარშვის რეჟიმი ჩვენს მიერ ნავარაუდებ ხარშვის ტემპერატურას და ამ მინიდან თერმული დამუშავებისას გამოყოფილი კრისტალური ფაზის რაოდენობას. ნახ. 12 გვიჩვენებს,

რომ ჩვენს მიერ ნავარაუდები მეტი ხარშვის ტემპერატურა არ უნდა ყოფილიყო 1573K-ზე მეტი რაც ემთხვევა მინის ხარშვის რეჟიმის ტემპერატურას.



ნახ. 12. მინის ხარშვის რეჟიმი

მინის მასალიდან დაყალიბებულ იქნა სხვადასხვა სახის გამოცდებისათვის საჭირო ფორმისა და სიდიდის ნიმუშები.

ლაბორატორიული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მინაკერამის მიღებისათვის გამოიხედა მინის მიღების თეორიულად ნავარაუდები მოვლენები ნამდვილად ახლოსაა რეალურად მიმდინარეებთან, იმის მიუხედავად, რა ტემპერატურული რეჟიმით მივიღებთ მას.

გამოვლინდა რა თეორიულად ნავარაუდები მინის მიღების რეალობა დასადასტურებელი დარჩა ამ მინიდან თერმული დამუშავებისას პიროქსენული ფაზის გამოყოფის შესაძლებლობა, რაც აგრეთვე თეორიულად იქნა ნავარაუდები.

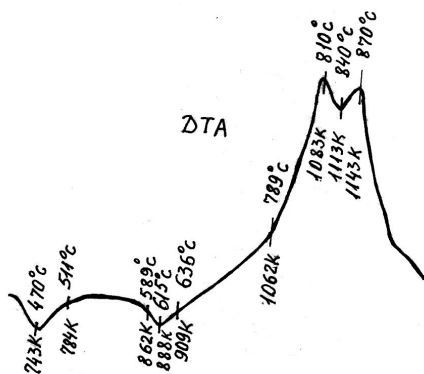
მინაკერამიკის მიღების პრაქტიკის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ უმეტეს შემთხვევაში ამ მიზნისათვის მინის ორსაფეხურიანი თერმული დამუშავება გამოიყენება, რომლის ტემპერატურული პარამეტრების დადგენისათვის არ არის შემუშავებული პირდაპირი საშუალებები. ამითაა გამოწვეული ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის ირიბი საშუალებათა ნაირფეროვნება.

იმ შემთხვევაში თუ კვლევის მიზანია გარკვეული ტექნიკური მაჩვენებლების (საექსპლუატაციო თვისებების) მქონე მინამასალების მიღება, თერმული დამუშავების ოპტიმალური რეჟიმის დასადგენად საჭიროა მრავალ საშუალებათა შერწყმა, რაც თავისთავად მოცულობით მნიშვნელოვან ექსპერიმენტულ და ნატურულურ სამუშაოებს მოითხოვს.

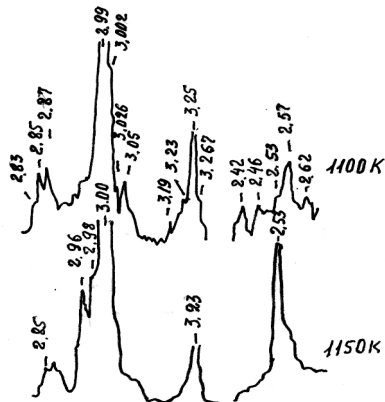
ჩვენი კვლევის მიზანი სხვა სფეროშია. დასახული იყო დაგვედგინა, რამდენად პროგნოზირებადია მინაკერამიკის მისაღებად გამოზნული მინის სინთეზის საკითხები მინისებური მდგომარეობის თავისებურებების შესახებ არსებულისა და ფიზიკური და კოლოიდური ქიმიის მიმართულებაზე მრავალი წლის განმავლობაში კვლევებით დაგროვებული ინფორმაციის საფუძველზე. ამიტომ იყო შერჩეული ექსპერიმენტულად საკმაოდ დეტალურად შესწავლილი პიროქსენული მინაკერამი, რათა მის მაგალითზე წარმოგვეჩინა ამ სახის მასალის მისაღებად საჭირო მინა. ვთვლით, რომ ამ ამოცანის ერთი ნაწილი დადებითად იქნა გადაჭრილი, მაგრამ პასუხგაუცემელი რჩებოდა კითხვა, რამდენად შეესაბამება ჩვენს მიერ ნავარაუდები პიროქსენული კრისტალური ფაზის გამოყოფა მინიდან, თერმული დამუშავებისას.

ჩვენ ვივარაუდეთ, რომ მინაში იმთავითვე კრისტალური ზომის ჩანასახები არსებობენ ჰაუსმანიტის მაგვარი დაჯგუფებების სახით ($Mn^{2+}[MnO_4]^{4-}$), რომელთა ზრდაა შესაძლებელი მინის გარბილების ტემპერატურამდე, ანუ დაშვებული იყო დაკრისტალების ის პროცესი, რომელიც აღწერილია ა. სარუხანიშვილის მიერ ბინებრივი ქანების რეკრისტალიზაციისადმი მიძღვნილ კვლევებში, იმ განსხვავებით, რომ იქ აღიწერებოდა მაგნეტიტის ქცევა თერმული დამუშავებისას.

ჰაუსმანიტს შეუძლია შეასრულოს ისეთივე როლი, როგორც მაგნეტიტს პიროქსენების გამოყოფაში, რაც დასტურდება პიროქსენებისა და ჰაუსმანიტის კრისტალური გისოსების პარამეტრების სიახლოვით. მანვენებლები აკმაყოფილებენ კატალიზატორისა (ნუკლეატორის) და ძირითადი, მასზე გამოსაყოფი, ფაზების კრისტალური გისოსის მსგავსებას, მათ შორის სხვაობა დასაშვებ ფარგლებს (10-15%) არ აღემატება.



ნახ. 13. მინის დიფერენციალურ-თერმული ანალიზი



ნახ. 14. მაღალტემპერატურული დამუშავების შემდეგ მიღებული პროლუქტების დიფრაქტოგრამების ფრაგმენტები

მინაკერამიკის მისაღებად მინის თერმული დამუშავების რეჟიმის დასადგენად დიფერენციალურ თერმულ ანალიზს მივმართეთ (ნახ. 13).

DTA მრული შედარებით სუსტ, მაგრამ მკაფიოდ გამოსახულ სამ ენდოფექტს აჩვენებს მაქსიმუმებით 743, 888 და 1113 K-თან. მათ გარდა შეიმჩნევა ფართო ეგზოფექტი 784-862K ინტერვალში და იგივე ნიშნის ორი მნიშვნელოვანი სიდიდის ეფექტი მაქსიმუმებით 1083 და 1143K ტემპერატურებზე.

არსებული მონაცემების გაანალიზებით მიღებულ მოსაზრებათა მართებულების დასადგენად რენტგენოფაზურ ანალიზს მივმართეთ, რომლის დიფრაქტოგრამები ფრაგმენტების სახით ნახ. 14-ზეა წარმოდგენილი.

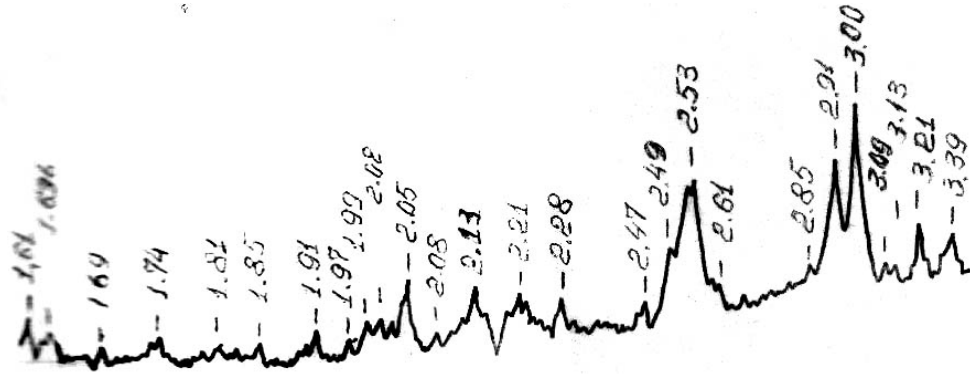
ფრაგმენტების არჩევისას ყურადღებას დიფრაქტოგრამების მხოლოდ იმ უბნებს ვაქცევდით, რომლებიც განსხვავდებოდნენ ამორფული მასალისათვის დამახასიათებელი სურათით და შეიცავდნენ კრისტალური ფაზის არსებობის d_{hkl} -ხაზების დასტას. 1100K-ზე ნათლად გამოისახება რამდენიმე პიროქსენებისათვის დამახასიათებელი d_{hkl} -ხაზი ყველაზე ინტენსიურია (2.99).

რენტგენოფაზურმა ანალიზმა ნათლად გვიჩვენა, რომ მინის პროექტირებისას ჩვენს მიერ განხორციელებულმა მიდგომამ დადებითი შედეგი მოგვცა – დადასტურდა, რომ თერმოდინამიკურ-პეტროქიმიური პროგნოზირებით შესაძლებელია არამც თუ მხოლოდ ტექნოგენურად მისაღები მინის სინთეზი, არამედ ისეთისაც, რომელიც თერმული დამუშავებისას გამოყოფს მიზნობრივად შერჩეულ ძირითად კრისტალურ ფაზას.

მაგრამ ექსპერიმენტის ჩატარებისას გამოყენებული იქნა დაყალიბებული და გამომწვარი ნიმუშების თანდათანობითი გახურება ოთახის ტემპერატურიდან 1173-1273K-მდე DTG, TG და DTA-ის მრუდების მიღებისას სინქარით, რაც მინაკერამიკის უწყვეტ პროცესს არ შეესაბამება. ამიტომ დასადგენი იყო, რამდენად მოქმედებს მინაკერამიკის მიღების სახეცვლილი თერმული რეჟიმი მინიდან გამოყოფილი კრისტალური ფაზის რაობაზე.

ამის დასადგენად მინის ხარშვისა და დაყალიბების შემდეგ ნიმუშები გამოწვის ტემპერატურიდან (973-1023K) სწრაფად ჩვენს მიერ ოპტი-

მაღურად მიხნეულ 1073K-დან 1123K ტემპერატურამდე სურდებოდა და გარკვეული დაყოვნების შემდეგ (0,5±1სთ) ღუმელთან ერთად ცივდებოდა. ამგვარად, მიღებული ნიმუშის რენტგენოფაზურმა ანალიზმა მოგვცა ადრე მიღებულიდან რამდენადმე განსხვავებული დიფრაქტოგრამა (ნახ. 15).



ნახ. 15. 1073-1098K-ზე დამუშავებული მინის დიფრაქტოგრამა

განსხვავება, როგორც რეფლექსების ინტენსიურობაში, ისე რიგი მათგანის $d_{\text{მ}}$ -ხაზების განლაგებაშიც შეიმჩნევა, თუმცა გამოყოფილი ფაზა უცვლელი რომ დარჩა, ამის დასტურია №7 ცხრილში მოყვანილი პიროქსენების დიაგნოსტიკის მონაცემები.

დიფრაქტოგრამების განსხვავების მიზეზად შეიძლება დასახელდეს ის, რომ „ქვევიდან“ დაკრისტალების პროცესი იძლევა საშუალებას განვითარდნენ რამდენადმე განსხვავებული მოვლენები, ვიდრე იმ შემთხვევაში, როდესაც დაკრისტალების „სალი“ ნიმუში ექვემდებარება მეტადრე ისეთი მინის შემთხვევაში, როგორიც ჩვენია. იგი ხომ მან-განუმს შეიცავს, რომელსაც შეუძლია დაბალ ტემპერატურებზე ინიცირება ზედაპირულ მოვლენებს მისცეს. ამან კი შეიძლება არ იქონიოს გავლენა დაკრისტალების პროცესზე.

ამ საკითხის გადაჭრა, ისევე როგორც იმის დადგენა, რა გზებითა და საშუალებებით შეიძლება მინის მინაკერამად გადაქცევის პროცესის განხორციელება, ჩვენს მიერ დახარჯულზე არანაკლებ დროსა და რაც მთავარია როგორც არაერთხელ აღინიშნა მრავალ „სუფთა“ ექსპერიმენტულ კვლევებს მოითხოვს. მათი საკითხების დასასაბუთებლად,

ცხრილი №7. მიღებული პროდუქტის დიაგნოსტიკისათვის საჭირო მონაცემები

1073-1098K-ზე დამუშავებული სინჯი		Diopside 11-654 CaO·MgO·2SiO ₂		Augite 24-002, aluminiah, CaO(MgO·Al ₂ O ₃ ·FeO)·2SiO ₂		Augite 24-201 CaO(MgO,FeO)2SiO ₂		Augite 24-203 CaO(MgO,FeO)2SiO ₂		Hedenbergite 25-160, magn, CaO(FeO,MgO)2SiO ₂		Hedenbergite, synt. 24-204 CaO(FeO,MgO)2SiO ₂	
d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I
3,21	3	3,23	3	3,23	3	3,25	2	3,23	8	3,25	3	3,27	2
3,00	10	2,99	10	2,99	10	3,00	10	2,99	10	3,00	10	3,00	10
2,91	7	2,89	3	2,96	3	2,96	4	2,95	7	2,97	5	2,58	3
2,53	7	2,57	2	2,90	3	2,90	4	2,52	6	2,89	3	2,54	4
2,47	4	2,52	3	2,56	3	2,57	4	2,57	6	2,57	3	2,15	2
2,28	3	2,53	4	2,55	4	2,53	8	2,13	4	2,53	5	1,77	2
2,05	4	2,95	3	2,13	4	2,14	3	1,63	4	1,64	4	1,64	2
1,636	4	1,63	2	1,64	4	1,63	2	1,42	4	1,63	4	6,55	2

ცხრ. 7-ის გაგრძელება

Hedenbergite 24- 205, magn. sint,		Acmite calc. 31-1309 (Na ₂ O,CaO) (SiO ₂) ₂ (Fe ₂ O ₃)		Acmite, synt. 34-185 Na ₂ O· Fe ₂ O ₃ ·4SiO ₂		Jadeite, 22-1338 Na ₂ O· Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂		Iogansenite 35-529 CaO·MgO·2SiO ₂		Clinoenstatite 35- 60 (mon) MgO·SiO ₂		Clinoferrosilicate, synt. 17-548 FeO·SiO ₂	
d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I	d _{a/n}	I
3,27	2	3,27	2	4,42	8	4,29	8	6,63	3	3,17	5	4,61	6
3,00	10	2,98	3	3,19	5	3,10	3	3,05	10	2,98	7	3,23	8
2,58	3	2,91	6	2,98	7	2,92	8	3,03	4	2,87	10	3,03	10
2,54	4	2,12	1	2,83	10	2,83	10	2,57	4	2,46	4	3,35	10
2,15	2	1,73	1	2,47	6	2,49	3	2,55	4	3,28	3	2,91	6
1,64	2	1,64	2	1,73	6	2,42	3	2,62	3	2,12	3	6,47	4
1,77	2	6,38	10	1,60	4	2,07	3	2,05	2	2,46	4	2,60	3
6,55	2	4,41	2	6,37	9	1,57	2	1,63	2	1,61	3	2,48	2

გადაჭრისათვის არაერთი სისტემატური კვლევა ტარდება სადღეისოდ მსოფლიოში და მას მერე გახდება პროგნოზირებადი, როდესაც მოვლენათა აღწერისათვის საინფორმაციო ბაზა კრიტიკულ მოცულობას მიაღწევს.

ამ თავის დასასრულს კი დავძენთ, რომ კვლევის ძირითადი მიზანი ჩვენი აზრით მიღწეული იქნა – დადასტურდა, რომ მინაკერამიკისთვის გამიზნული ტექნოგენური ნედლეულით მიღებული მინის პროგნოზირება დამაკმაყოფილებელი სიზუსტით შესაძლებელია, ისევე როგორც ამ მინიდან ჩვენთვის სასურველი კრისტალური ფაზის გამოყოფისა.

დასკვნა

ჭიათურის ადგილმდებარეობის მანგანუმის მადნის გამდიდრების ნარჩენების (მმგნ) მაგალითზე ტექნოგენური ნედლეულის შემცველი კომპოზიციიდან მინაკერამიკის მიღების თავისებურებათა შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ:

1. ტექნოგენური ნედლეულის შეყვანა მინაკერამიკის მისაღებად გამიზნულ მინის კომპოზიციაში მნიშვნელოვნად ზრდის მინის სინთეზისას მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური ურთიერთქმედებების ვარიანტულობას, რის დასადგენად პრაქტიკაში არსებული პროგნოზირება-შეფასების საშუალებები დადებით შედეგს არ იძლევიან, ისევე როგორც აღნიშნული მინიდან სასურველი კრისტალური ფაზის გამოყოფის შემთხვევაში.

2. მმგნ-ის გამოყენებით მინაკერამიკის მისაღებად გამიზნულ მინაში თერმული დამუშავებისას მიმდინარე პროცესებისა და სასურველი კრისტალური ფაზის გამოყოფის შესაძლებლობის შეფასება-პროგნოზირებისათვის ეფექტური აღმოჩნდა თერმოდინამიკურ-პეტროქიმიური მიდგომის გამოყენება მარტივი სისტემების მდგომარეობის დიაგრამებში არსებული მონაცემების აქტიური სარგებლობით იმ შემთხვევაში, თუ გაზიარებული იქნა კრისტალურ და მინისებურ მდგომარეობებში მყოფი ნივთიერებების აგებულების ენერგეტიკაში ახლო მოწესრიგებულობის დომინანტური როლი.

3. მინაკერამისათვის გამიზნულ მინაში თერმული დამუშავების შედეგად მისაღებ პროდუქტში ამორფული და კრისტალური ფაზების

თანაფარდობის შერჩევითა და სხმული ქვების წარმოებაში პიროქსენული კომპოზიციის წარმოებაში გამოყენებადი საანგარიშო მეთოდის სარგებლობით შეიძლება თეორიულად ვივარაუდოთ მინის კომპოზიციის შედგენილობა, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს პიროქსენული ფაზის გამოყოფა გარკვეულ ტემპერატურაზე დამუშავებისას.

4. თეორიულად ნავარაუდები შედგენილობის კომპოზიციაში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესებისა და მათ შედეგად მიღებული პროდუქტების ფაზური შედგენილობის თერმოდინამიკურ-პეტროქიმიური შეფასების შედეგებისა და ამ კომპოზიციაში ტემპერატურის ზეგავლენით ექსპერიმენტულად დადგენილ მოვლენათა შედარებამ მათ შორის დამაკმაყოფილებელი შესაბამისობა აღმოაჩინა – უმნიშვნელო განსხვავებები ტექნოგენური ნედლეულის გამოყენებით შედგენილი კომპოზიციიდან მინის მიღების საერთო სურათს არ ცვლიან.

5. თეორიულად ნავარაუდები და ექსპერიმენტულად შემოწმებული მონაცემებით დაპროექტებული კომპოზიციის თერმული დამუშავებისას წარმოაჩენს ორი ტემპერატურული ინტერვალის არსებობას. პირველ მათგანში მიმდინარე პროცესებში ძირითადად მმგნ-ში არსებული მინერალებს (ნაერთებს) შორის მყარფაზა რეაქციებით გამოირჩევა, რის შედეგად მიიღება პოლიმინერალური პროდუქტი, მაშინ როდესაც მეორეში დომინანტურია ურთიერთქმედებები, დაკავშირებული პიროქსენების მყარი ხსნარების წარმოქმნასთან – პროდუქტი მონომინერალურია.

6. მოსაზრება კრისტალურ და ამორფულ მდგომარეობაში მყოფი ნივთიერების ენერგეტიკაში ახლომოწესრიგებულობის დომინანტური როლის შესახებ დასტურდება მზა მინის თერმული დამუშავებისას გამოყოფილი კრისტალური ფაზის რაობით – იგი პიროქსენულია, რაც ირიბად მიგვითითებს მიღებული მინის მიკროსტრუქტუროგენურობაზე.

7. მმგნ-ის გამოყენებით მიღებული კომპოზიციიდან წარმოებული მინის თერმული დამუშავების რეჟიმისა და თადარიგის შეცვლით გამოყოფილი კრისტალური ფაზის რაობა არ იცვლება – იგი პიროქსენული რჩება, თუმცა შეიმჩნევა პიროქსენების ფარგლებში მყარი ხსნარების შედგენილობის შეცვლა.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია

შემდეგ შრომებში:

1. დ. კოტრიკაძე. ტექნოგენური ნედლეულის შემცველი კაზმიდან მინაკერამიკის მიღების პროგნოზირების შესახებ// საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, №2, 2011, გვ. 168-172.
2. ა.ვ. სარუხანიშვილი, დ.გ. კოტრიკაძე. მინაკერამიკის მისაღებად გამიზნული კომპოზიციების ქცევა თერმული დამუშავებისას. საქ. ტექ. უნივერსიტეტის შრომები. №4, 2011, 32-38 გვ.
3. ა.ვ. სარუხანიშვილი, დ.გ. კოტრიკაძე. მონომინერალური მინაკერამიკის მიღებისათვის კომპოზიციის იწ სპექტომეტრული კვლევა. საქ. ქიმიური ჟურნალი, №4, 2011, გვ. 404-408.
4. А.В. Саруханишвили, Д.Г. Котрикадзе, Э.Т. Николаишвили. Физико-химическая оценка ряда вопросов, связанных с получением стекла для стеклокерамики из мультиминеральной композиции. საქ. კერამიკოსთა ასოც. კერამიკა. თბილისი, 1(27), 2012წ. ს. 46-50.

Abstract

The analysis of information sources also points to the fact that glass-ceramics meant for the receipt of both special-purposed and all-purpose wares is basically received with the use of simple systems. Theoretical and practical basics of glass-ceramics receipt are formulated namely for such systems, while the theory and practice of “composition → glass → glass-ceramics” transformation stages is not studied to the same extent. The first stage of these transformations is better studied, that allow us to estimate energy indicators with satisfactory reliability, while there is no telling about the possibility of forecast of crystalline phase desirable for us. The stage of glass transformation into glass-ceramics is less forecasted.

The situation drastically changes if technogenic raw materials are inserted into glass composition meant for the receipt of glass-ceramics. In this case not only the second stage of glass-ceramics receipt, but even the first one is difficult to forecast. This is related to multi-component nature of output composition. The increase of number of system's components up to several dozens requires the estimation of more than one hundred of interactions for establishment of optimal mode of thermal processing, say nothing about the forecast of separation of preliminary assumed crystalline phase from received glass.

In order to overcome the mentioned difficulties is used the conjugation of current approaches from information sources concerning the energetics of glass receipt from multicomponent systems and the separation of preliminary forecasted crystalline phase. Among them should be noted thermodynamic-petrochemical approach offered by GTU employees concerning the estimation of processes running during the receipt of glass from multicomponent systems and of phase composition of products emerged as a result of these processes, as well as Muller's view on the estimation of glass energetics, calculation method implemented by Kotlova for the receipt of monomineral crystalline phase, and also the means offered by GTU researchers for determination of crystalline and glass-like phase ratio.

The role of technogenic raw materials in the research is acted by the residues of Chiatura location manganese ore dressing (MODR), which is definitely the multicomponent system. Mixtures received after its use as of one of the basic components of output composition and after the measures implemented during design of this composition consist of 28 components.

According to Kotlova, the petrochemical calculation singled out the area of compositions, which was able, after glass receipt, to provide the separation of monomineral (pyroxene) crystalline phase during implementation of crystallization process “from below”. By the separation of crystalline and glass-like phase with the use of previously mentioned means the composition with desired content has been determined.

The estimation of interactions between components of obtained composition at the various temperature with the use of thermodynamic-petrochemical approach had determined two areas, in which the products of different nature are received. In the first of them (373-1023K) the interactions between components should pass in the solid phase basically with the origin of field spars, while in the second one (1073-1523K) the processes of pyroxene's origin are dominant. In this case the interactions pass in the solid phase, while with the presence of liquid phase.

Except of mentioned crystalline phase the origin of hausmannite is assumed, which, along with pyroxene and plenty of SiO₂ should be ranked among the latter crystalline phases merged into glass-like state (fusion). According to Muller's view,

the product (glass), received as a result of fusion's subcooling, should be consisted of structural units of covalently bonded silicium-oxygen chains, that is characteristic for pyroxenes, which are "stitched" together by $[M_2^+O_{2/2}^-]$ and $[M^{2+}O_{2/2}^-]$ units. As to hausmannite, it, like magnetite grains, should not lose its individuality at the submicron level at the maximum temperatures of boiling that should promote the separation of basic phase during crystallization "from below".

Theoretically assumed interactions running during glass receipt and experimental estimation of phase composition of products obtained as their result determined the validity of the main conclusions of theoretical speculations – satisfactory correspondence between theoretically and experimentally obtained results has been determined.

The essence of assumed crystalline phase separated during glass crystallization was in full correspondence with experimentally obtained result – it was of pyroxene nature and, even if changed, only within the boundaries of pyroxenes' solid solutions. Unfortunately, we were unable to obtain experimental verification of hausmannite's effect on the separation of basic crystalline phase. But the fact that difference between crystalline grid constants among pyroxenes and hausmannites didn't exceed 5-10%, and that allow us to assume its (hausmannite) role as of nucleator in the separation of pyroxenes.

On the basis of analysis of research results we can assume that the data obtained by the forecast of composition of multicomponent composition meant for glass-ceramics receipt, as well as of processes running during the boiling, phase composition of products obtained as a result of these processes and the essence of crystalline phase separated during crystallization is in good correlation with the virtually current processes.