

## საგრანტო პროექტი № 12

“ჭიათურის მანგანუმის მადნებიდან კალციუმის  
მაღალოქსიდშემცველი ნატეხოვანი კონცენტრატების მიღებისა და  
მათგან სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიების  
დამუშავება”

შემაჯამებელი ანგარიში

პროექტის ხელმძღვანელი:

ნ. წერეთელი

## სარჩევი

|   |      |
|---|------|
| შესავალი  | 3    |
| 1. ჭიათურის მანგანუმის ღარიბი მადნების შესახებ<br>ლიტერატურული მონაცემების მოძიება და ანალიზი-  | 4    |
| 2. ჭიათურის ცენტრალური გამამდიდრებელი ფაბრიკა 2 –ის<br>ნედლეულიდან კალციუმის მაღალოქსიდშემცველი<br>ნატეხოვანი კონცენტრატების მიღების ტექნოლოგიური<br>პარამეტრების დადგენა | 8    |
| 3. კალციუმის მაღალოქსიდშემცველი მანგანუმის ნატროვანი<br>კონცენტრატის მეტალურგიული თვისებების გამოკვლევა-  | -16  |
| 3.1. საცდელი კონცენტრატის ქიმიური, გრანულომეტრიული,<br>ფაზური შედგენილობა და აირგანვლადობა  | --16 |
| 3.2. საცდელი კონცენტრატის ელექტროწინაობისა და<br>გარბილების ტემპერატურის გამოკვლევა   | -20  |
| 3.3. საცდელი კონცენტრატის თბოფიზიკური თვისებების<br>გამოკვლევა  | 25   |
| 3.4. საცდელი კონცენტრატიდან სილიკომანგანუმის<br>გამოდნობის ტექნოლოგიის დამუშავება   | -26  |
| დასკვნები   | 30   |
| გამოყენებული ლიტერატურა   | 32   |

## შესავალი

საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს მონაცემებით, 2013 წელს საქართველოს საექსპერტო პროდუქციაში მანგანუმთან ფეროშენადნობებს მე-2 ადგილი უჭირავს (7.9%)

ფეროშენადნობების წარმოებას ჩვენს ქვეყანაში ჭიათურის საბადო განაპირობებს, რომლის აუზშიც 200 მლნ. ტონამდე მანგანუმის მადანია დარჩენილი. იმის გამო, რომ საბადოს ნახევარზე მეტი კარბონატული მადნებითაა წარმოდგენილი, იგი დარბ მადანთა ჯგუფს მიეკუთვნება. მდიდარი ოქსიდური მადნის მარაგი მხოლოდ 25%-ს შეადგენს და მოპოვების ძირითად ობიექტებს წარმოადგენს, თუკი 1934 წელს მანგანუმის საშუალო შემცველობა მადანში 43.5%-ს შეადგენდა, ეს მაჩვენებელი 1960 წელს 26.65-მდე შემცირდა, ხოლო 2013 წელს 22 %-ს აღარ აღემატება

იმის გამო, რომ ჭიათურის მადნების გამდიდრებისას დაბალია ტექნოლოგიური მაჩვენებლები (კონცენტრატის გამოსავალი  $\leq 25\%$ , ხოლო Mn-ის ამოკრეფა  $\leq 60\%$ ), გამდიდრების პროცესში დიდი რაოდენობით გამოუყენებელი ნარჩენები წარმოიქმნება ( Mn 12-18%), რომლებიც გროვდება ჭიათურის მიმდებარე ტერიტორიაზე და დიდ ეკოლოგიურ ზიანს აყენებს ამ რეგიონს.

ამჟამად ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი წელიწადში საშუალოდ 150 000 ტონა კონცენტრატს აწარმოებს ( Mn 37%), რომლის ძირითადი მომხმარებელი ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანაა (ზ.ფ.ქ), სადაც წლიურად 200-220 ათასი ტონა სილიკომანგანუმი დნება.

ჭიათურის კონცენტრატების დეფიციტს ზფქ ჯერ კიდევ 1986 წლიდან განიცდის და ამ დანაკლისს საზღვარგარეთიდან შემოტანილი მადნებით ფარავს. იმის გათვალისწინებით, რომ “ჭიათურმანგანუმის” პირობებში მადნების სელექციური მოპოვება არ ხდება, გამამდიდრებელ ფაბრიკებს მადანი შერეული სახით მიეწოდება, რაც ართულებს მაღალი ხარისხის კონცენტრატების მიღების შესაძლებლობას.

ჭიათურის მადნების რაციონალური გამოყენების, საბადოს ექსპლუატაციის გახანგრძლივების, საწარმოო ნარჩენების შემცირებისა და გარემოს ეკოლოგიური გაჯანსაღების მიზნით, უმჯობესია “ჭიათურმანგანუმის” გამამდიდრებელ ფაბრიკებში უპირატესობა სპეციალური შემადგენლობის მქონე კონცენტრატებისა და პროდუქტების წარმოებას მიენიჭოს, რომლებიც მიზნობრივად იქნებიან გამოყენებული შესაბამისი ფეროშენადნობების გამოსადნობად. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს, ჭიათურის შერეული მადნებიდან ნაჭროვანი კონცენტრატების მიღებას ტექნოლოგიის დამუშავება და მისი მეტალურგიული თვისებების შესწავლა.

## **1. ჭიათურის მანგანუმის ღარიბი მადნების შესახებ ლიტერატურული მონაცემების მოძიება და ანალიზი**

საქართველოში 14 მანგანუმის საბადოა გამოვლენილი, რომელთა შორის სამრეწველო მნიშვნელობის მხოლოდ ჭიათურის საბადოა, რომლის აუზშიც შესაბამისად მსოფლიოსა და დამოუკიდებელ სახელმწიფოთა თანამეგობრობის ქვეყნებში არსებული მანგანუმის მადნების მარაგის 1,8 და 9,5%-ია თავმოყრილი [1-2]. (ცხრილი 1)

## საქართველოს მადნების რესურსები

| საბადოებისა და პერსპექტიული ფართობების დასახელება | მარაგი მლნ. ტ. | პროგნოზული რესურსი მლნ. ტ. | სულ მარაგი და პროგნოზული რესურსი მლნ. ტ. | განლაგების ადმინისტრაციული რაიონი |
|---|----------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
| <b>I. საბადოები:</b>                              |                |                            |  |                                   |
| ჭიათურის  | 212,7          | 32,0                       | 244,7                                    | ჭიათურა                           |
| ჩხარი-აჯამეთის                                    | 5,0            | 30,0                       | 35,0                                     | თერჯოლა                           |
| ყვირილის დეპრესია                                 | 27,0           | 40,0                       | 67,0                                     | ზესტაფონი                         |
| <b>II. პერსპექტიული ფართობები:</b>                |                |                            |  |                                   |
| თეთრიწყაროს                                       | –              | 25,0                       | 25,0                                     | თეთრიწყარო                        |
| წყალტუბო-მარტვილი                                 | –              | 20,0                       | 20,0                                     | წყალტუბო-მარტვილი                 |
| აჭარა-თრიალეთის ზონა                              | –              | 35,0                       | 35,0                                     |                                   |
|   | –              | 80,0                       | 80,0                                     |                                   |
| <b>სულ პერსპექტიულ ფართობზე</b>                   | <b>244,7</b>   | <b>262,0</b>               | <b>506,7</b>                             |                                   |
| <b>მთლიანი მარაგი</b>                             |                |                            |  |                                   |

ჭიათურის საბადოს ექსპლუატაცია საუკუნეზე მეტია გრძელდება და 250 მილიონ ტონაზე მეტი მადანია მოპოვებული. იმის გამო, რომ ამ ხნის განმავლობაში ძირითადად ოქსიდურ მადნებს ამუშავებდნენ, საგრძნობლად შემცირდა მანგანუმის შემცველობა მადანში, კერძოდ, თუ კი 1934 წელს მანგანუმის საშუალო შემცველობა მადანში 43,5% იყო, ეს მაჩვენებელი 1960 წელს 26,6%-მდე, ხოლო 2013 წელს 18,6%-მდე შემცირდა. 1990 წლის მონაცემებით, ჭიათურის საბადოს მარაგი კვლავაც სოლიდურია და 212,7 მილიონ ტონას შედგენს.

სპეციალისტების მიერ ჭიათურის საბადოს მადნების გეოლოგიური წარმოშობისა და ამ მადნების მინერალოგიური შედგენილობის შესწავლით [3-10] დადგენილ იქნა, რომ ჭიათურის საბადოს მადნები ოქსიდურ, კარბონატულ, შერეულ და დაჟანგულ მადანთა ჯგუფებს განეკუთვნება. აღნიშნულ საბადოში ოქსიდურ მადნებს მხოლოდ 25% უჭირავს, დაჟანგულს 15%, შერეულს 13%, ხოლო მადნების 47%, მხოლოდ ღარიბი კარბონატული მადნებითაა წარმოდგენილი [11].

ოქსიდური მადნები მთელ საბადოშია განაწილებული და მოპოვების ძირითად ობიექტს წარმოადგენს. ოქსიდური მადნები პიროლუზიტის, მანგანიტისა და ფსილომელანის მინერალებისგან შედგება; არამადნური ნაწილი ქვიშამიწითაა წარმოდგენილი, რომელიც ძირითადად ოპალს, კვარცის ნატეხებსა და მინდვრის შპატს შეიცავს.

ოქსიდური მადნების საერთო მარაგის 11% მაღალი ხარისხის პეროქსიდური მადნებია, რომელშიც მანგანუმი პიროლუზიტის მინერალების (მცირე რაოდენობის ფსილომელანთან ერთად) სახით გვხვდება. I და II ხარისხის ოქსიდური მადნის კონცენტრატებში მანგანუმი უმეტეს წილად მანგანიტითა (I ხ. 50,2-69,0%; II ხ. 48,2-60,3%)

და პიროლუზიტური მინერალებითაა წარმოდგენილი (I ხ. 50,2-58,4%; II ხ. 45,5-49,1%), ზოგიერთ შემთხვევაში ეს კონცენტრატები თითქმის თანაბარი რაოდენობით შეიცავს აღნიშნულ მინერალებს (მანგანიტს 27-37%-ს; პიროლუზიტს 30-38%-ს) [2]. დაუანგული მადნები, რომლებიც ძირითადად მანგანუმის დიოქსიდის, ჰიდრატ-ვერნადიტის, მანგანოკალციტის, რკინის ჰიდროქსიდისა და ოპალისაგან შედგება, კარბონატული მადნების ინტენსიური დაუანგვის პროდუქტს წარმოადგენს.

ღარიბი მადნების უმეტესი წილი კარბონატულია და მანგანუმი ძირითადად მანგანოკალციტისა და კალციუმიანი როდოქროზიტის სახით არის წარმოდგენილი. არამადნური ნაწილი კი კალციტს, ფოსფორიტს, გლაუკონიტს, ბარიტს, თაბაშირს, პირიტსა და ოპალს შეიცავს. ოქსიდური მადნებისგან განსხვავებით, კარბონატული მადნები ნაჭროვნებით, მაღალი სიმტკიცით, ცვეთამედგობითა და მაღალტემპერატურული მდგრადობით გამოირჩევა. მისი სიმკვრივე 1,8-2,3 გ/მ<sup>3</sup> ინტერვალში იცვლება. მანგანუმის შემცველობა კარბონატულ მადნებში არაერთგვაროვანია და მოპოვების ადგილის მიხედვით საკმაოდ დიდ დიაპაზონში მერყეობს (10-36%) [2].

სტაბილური მუშაობის პერიოდში „ჭიათურმანგანუმში“ წარმოებული კონცენტრატების საერთო რაოდენობამ 1005,8 ათას ტონას მიაღწია (1981 წ.), რომლის 47,2%-ს I ხ-ის (474,4 ათასი ტ.), 18,1%-ს II ხ-ის (182,1 ათასი ტ.) და 13,2%-ს II ხ-ის ოქსიდური კონცენტრატები შეადგენდა [2]. კარბონატული კონცენტრატების ხვედრითი წილი ამ პერიოდისათვის 18,9%-ს არ აღემატებოდა. 1986 წლის მონაცემებით „ჭიათურმანგანუმის“ პროდუქციაში 25,4%-ით იმატა კარბონატული კონცენტრატების რაოდენობამ და 237,8 ათას ტონას მიაღწია, რაც მთლიანი პროდუქციის 24,9%-ს შეადგენდა.

სანაცვლოდ I და II ხ-ის ოქსიდური კონცენტრატების რაოდენობა შესაბამისად 344,5 და 171,8 ათას ტონამდე შემცირდა [2].

საბჭოთა კავშირის დაშლამ და საბაზრო ეკონომიკაზე გადასვლამ უმძიმეს პირობებში ჩააყენა „ჭიათურმანგანუმი“. 2000 წელს აღნიშნულმა საწარმომ მხოლოდ 25,3 ათასი ტონა I და II ხ-ის კონცენტრატი აწარმოა. თუმცა სამი წლის შემდეგ მდგომარეობა საგრძნობლად გაუმჯობესდა და მაღალი ხარისხის კონცენტრატების რაოდენობამ 2003 წელს 93,6 ათას ტონას მიაღწია. ამჟამინდელი მონაცემებით „ჭიათურმანგანუმი“ ყოველ წლიურად 200-250 ათას ტონა კონცენტრატს აწარმოებს (Mn 35-38%).

ჭიათურის მადნების რაციონალური გამოყენების, საბადოს ექსპლუატაციის გახანგრძლივების, საწარმოო ნარჩენების შემცირებისა და გარემოს ეკოლოგიური გაჯანსაღების მიზნით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ჭიათურის გამამდიდრებელ ფაბრიკებში არსებული ტექნოლოგიისაგან განსხვავებით აწარმოონ სპეციალური შედგენილობის მქონე კონცენტრატები, რომლიდანაც გამოდნობილი იქნება შესაბამისი ფეროშენადნობი.

## 2. ჭიათურის ცენტრალური გამამდიდრებელი ფაბრიკა 2 –ის ნედლეულიდან კალციუმის მაღალოქსიდშემცველი ნატეხოვანი კონცენტრატების მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენა

რამდენადაც სამუშაოს მიზანს კალციუმის მაღალოქსიდშემცველი კონცენტრატის მიღება წარმოადგენდა კვლევის ობიექტად ავირჩიეთ ითხვისის მაღაროს მადანი, რომელიც



კარბონატული ტიპის ნედლეულს წარმოადგენს. ქსპერიმენტი ორ ეტაპად განხორციელდა, კერძოდ, შესწავლილ იქნა ცოფ-2 ფაბრიკის ნედლეულიდან და “სპეცპროდუქტიდან” ნატეხოვანი კონცენტრატის მიღების შესაძლებლობა გრავიტაციული გამდიდრების გზით.

დადგენილია, რომ შერეულ მადნებში კარბონატული მინერალები ძირითადად შენაზარდების სახითაა წარმოდგენილი, ხოლო ოქსიდური მინერალების ჩანართების ზომა ხშირ შემთხვევაში 10 მმ-ს შეადგენს. იმის გამო, რომ მათი ხვედრითი წონები ერთმანეთთან არის მიახლოებული +10 მმ ზომის მქონე პროდუქტის გამოყოფა და ცალკე გამდიდრება ტექნოლოგიური თვალსაზრისით იქნება გამართლებული, რადგანაც ოქსიდური მინერალები გაცილებით რბილია კარბონატულთან შედარებით და ადვილად იმსხვრევა, შედეგად – 10 მმ ფრაქციის მქონე პროდუქტში უმეტეს წილად თავს მოიყრის ოქსიდური მინერალები რომელთა ხვედრითი წონები მნიშვნელოვნად იქნება განსხვავებული ფუჭე ქანის ანალოგიური მაჩვენებლისგან. აღნიშნული ხელს შეუწყობს გრავიტაციული გაყოფის პროცესს და გააუმჯობესებს გამდიდრების ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებს.

ფაზური და მინერალოგიური შედგენილობიდან გამომდინარე +10 მმ ზომის მქონე პროდუქტში ჭარბად იქნება კარბონატული მინერალების რაოდენობა (მანგანოკალციტი, კალციუმის როდოქროზიტი, კალციტი), რაც ამ პროდუქტის ცალკე გამდიდრების კალციუმის მაღალოქსიდშემცველი კონცენტრატის მიღების საშუალებას მოგვცემს. ამასთან, გაცხრილვის შედეგად +10 მმ ზომის მქონე პროდუქტში დარჩენილი ოქსიდური მინერალები თავის მხრივ კონცენტრატის გამოსავლისა და მანგანუმის ამოკრეფვის გაზრდასა და ფოსფორის მოდულის შემცირებას უზრუნველყოფს.

გამდიდრების მაჩვენებლები მოცემულია 2-5 ცხრილებში. შედარების მიზნით ანალოგიური გამოკვლევა ცოფ-2 ფაბრიკაში არსებული ტექნოლოგიური სქემითაც განხორციელდა (ცხრილი 6).

მიღებული ექსპერიმენტული კვლევებიდან გამომდინარე ითხვისის მაღაროს მადნიდან სავსებით შესაძლებელია მიღებულ იქნეს -20+10 მმ ფრაქციის მქონე კონცენტრატები (Mn-25-33%; CaO-8-11%), რომელთა გამოსავალიც 10-25 % -ს შეადგენს, ხოლო მათში მანგანუმის ამოკრეფა 40%-ს აღწევს.

## ცხრილი 2

ითხვისის მადაროს ნედლეულის გრავიტაციული გამდიდრების შედეგები ცოფ-2-ის სქემით

| ოპერაციის დასახელება                                  | პროდუქტი              | გამოსავალი% |             | შემცველობა%<br>Mn |
|---|-----------------------|-------------|-------------|-------------------|
|   |                       | ოპერაციიდან | ნედლეულიდან |                   |
| დამსხვრევა 20-0 მმ-ე და მორეცხვა                      | მორეცხილი მადანი      | -           | 73.9        | 14.79             |
|   | შლამი                 | -           | 26.1        | 13.15             |
|   | სულ ნედლეული          | -           | 100         | 14.45             |
| მორეცხილი მასალის კლასიფიკაცია                        | 20 – 10 მმ            | 55.9        | 41.3        | 16.70             |
|   | 10 – 0 მმ             | 44.1        | 32.6        | 25.0              |
|   | სულ                   | 100         | 73.9        | 20.4              |
| მორეცხილი მასალის დალექვა პულსატორზე 20-10 მმ ფრაქცია | I ფენა                | 8.4         | 3.5         | 35.39             |
|   | II ფენა               | 19.8        | 8.2         | 32.70             |
|   | III ფენა              | 37.6        | 15.5        | 10.25             |
|   | IV ფენა               | 34.2        | 14.1        | 9.85              |
|   | კონცენტრატი I-II ფენა | 28.2        | 11.7        | 33.5              |
|   | სულ                   | 100         | 41.3        | 16.70             |
| მორეცხილი მასალის დალექვა პულსატორზე 10-0 მმ ფრაქცია  | I ფენა                | 19.41       | 6.3         | 48.87             |
|   | II ფენა               | 12.6        | 4.1         | 32.87             |
|   | III ფენა              | 23.0        | 7.5         | 29.97             |
|   | IV ფენა               | 45.0        | 14.7        | 10.16             |
|   | სულ                   | 100         | 32.6        | 25.0              |
| ჯამური მაჩვენებლები                                   | კონცენტრატი           | -           | 29.60       | 35.8              |
|   | შუალედური პროდუქტი    | -           | 44.30       | 10.1              |
|   | შლამი                 | -           | 26.1        | 13.15             |
|   | სულ                   | -           | 100         | 18.5              |

ცხრილი 3

ითხვისის მალაროს ნედლეულის გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური პარამეტრები

| ოპერაციის დასახელება                       | პროდუქტი                  | გამოსავალი % |          | შემცველობა % |                  |      |                      |        |      |       |      | SiO <sub>2</sub> /Mn | Fe/Mn |
|--|---------------------------|--------------|----------|--------------|------------------|------|----------------------|--------|------|-------|------|----------------------|-------|
|  |                           | ოპერაცია     | ნედლეული | Mn           | SiO <sub>2</sub> | CaO  | CaO/SiO <sub>2</sub> | P/Mn   | Fe   | P     | გ.დ. |                      |       |
| დამსხვრევა 20-0 მმ-ე და მორეცხვა           | მორეცხილი მასალა          | -            | 79.9     | 19.4         | 36.2             | 8.3  | 0.23                 | 0.0067 | 2.3  | 0.13  | 17.8 | 1.87                 | 0.12  |
|  | შლამი                     | -            | 20.1     | 10.6         | 42.5             | 5.6  | 0.13                 | 0.0123 | 1.6  | 0.13  | 11.0 | 4.01                 | 0.15  |
|  | სულ ნედლეული              | -            | 100      | 17.6         | 37.5             | 7.8  | 0.21                 | 0.0074 | 2.2  | 0.13  | 16.4 | 2.13                 | 0.12  |
| მორეცხილი მასალის კლასიფიკაცია             | 20 – 10 მმ                | 50.4         | 40.2     | 17.4         | 38.2             | 8.6  | 0.23                 | 0.0069 | 2.2  | 0.12  | 19.0 | 2.19                 | 0.13  |
|  | 10 – 0 მმ                 | 49.6         | 39.7     | 21.4         | 34.1             | 8.0  | 0.23                 | 0.0065 | 2.4  | 0.14  | 16.6 | 1.59                 | 0.11  |
|  | სულ                       | 100          | 79.9     | 19.4         | 36.2             | 8.3  | 0.23                 | 0.0067 | 2.3  | 0.13  | 17.8 | 1.87                 | 0.12  |
| მორეცხილი მასალის დალექვა 20-10 მმ ფრაქცია | I ფენა                    | 9.4          | 3.8      | 31.8         | 17.4             | 11.6 | 0.67                 | 0.0047 | 2.4  | 0.15  | 20.7 | 0.55                 | 0.08  |
|  | II ფენა                   | 16.4         | 6.6      | 20.8         | 27.5             | 11.6 | 0.42                 | 0.0063 | 2.4  | 0.13  | 22.2 | 1.32                 | 0.12  |
|  | III ფენა                  | 14.8         | 5.9      | 17.1         | 38.8             | 11.9 | 0.31                 | 0.0076 | 1.6  | 0.13  | 19.2 | 2.27                 | 0.09  |
|  | IV ფენა                   | 59.4         | 23.9     | 14.2         | 44.3             | 6.5  | 0.15                 | 0.0077 | 2.4  | 0.11  | 17.8 | 3.12                 | 0.17  |
|  | კონცენტრატი I-II ფენა     | 25.8         | 10.4     | 24.8         | 23.8             | 11.6 | 0.49                 | 0.0056 | 2.4  | 0.14  | 21.6 | 0.96                 | 0.10  |
|  | შუალედ. პროდ. III-IV ფენა | 74.2         | 29.8     | 14.8         | 43.2             | 7.6  | 0.18                 | 0.0077 | 2.2  | 0.114 | 18.1 | 2.92                 | 0.15  |
| სულ  | 100                       | 40.2         | 17.4     | 38.2         | 8.6              | 0.23 | 0.0069               | 2.3    | 0.12 | 19.0  | 2.19 | 0.13                 |       |
| მორეცხილი მასალის დალექვა 10-0 მმ ფრაქცია  | I ფენა                    | 12.7         | 5.0      | 50.5         | 8.8              | 2.0  | 0.23                 | 0.0036 | 2.0  | 0.18  | 15.6 | 0.17                 | 0.04  |
|  | II ფენა                   | 10.9         | 4.3      | 35.4         | 13.0             | 4.7  | 0.36                 | 0.0048 | 2.6  | 0.17  | 16.3 | 0.37                 | 0.07  |
|  | III ფენა                  | 18.7         | 7.4      | 24.5         | 19.5             | 6.5  | 0.33                 | 0.0049 | 2.2  | 0.12  | 18.7 | 0.79                 | 0.09  |
|  | IV ფენა                   | 57.7         | 23.0     | 11.5         | 48.2             | 10.4 | 0.22                 | 0.0113 | 2.5  | 0.13  | 16.3 | 4.19                 | 0.22  |
|  | სულ                       | 100          | 39.7     | 21.4         | 34.1             | 8.0  | 0.23                 | 0.0065 | 2.4  | 0.14  | 16.6 | 1.59                 | 0.11  |
| ჯამური მაჩვენებლები                        | კონცენტრატი               | -            | 20.5     | 34.5         | 15.1             | 6.0  | 0.39                 | 0.0043 | 2.3  | 0.15  | 17.8 | 0.44                 | 0.07  |
|  | შუალედური პროდუქტი        | -            | 59.4     | 14.2         | 43.4             | 9.1  | 0.21                 | 0.0085 | 2.4  | 0.12  | 17.8 | 3.06                 | 0.17  |
|  | შლამი                     | -            | 20.1     | 10.6         | 42.5             | 5.6  | 0.13                 | 0.0123 | 1.9  | 0.13  | 11.0 | 4.01                 | 0.18  |
|  | სულ                       | -            | 100      | 17.6         | 37.5             | 7.8  | 0.21                 | 0.0074 | 2.2  | 0.13  | 16.4 | 2.13                 | 0.12  |

## ცხრილი 4

ითხვისის მადაროს ნედლეულის გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური პარამეტრები

| ოპერაციის დასახელება  | პროდუქტი                  | გამოსავალი | ამოკრეფა % |                  |      |      |      |
|---|---------------------------|------------|------------|------------------|------|------|------|
|   |                           | %          | Mn         | SiO <sub>2</sub> | CaO  | Fe   | P    |
| დამსხვრევა 20-0 მმ-ე და მორეცხვა                            | მორეცხილი მადანი          | 79.9       | 88.0       | 77.1             | 85.0 | 83.0 | 79.9 |
|   | შლამი                     | 20.1       | 12.0       | 22.9             | 15.0 | 17.0 | 20.1 |
|   | სულ ნედლეული              | 100        | 100        | 100              | 100  | 100  | 100  |
| მორეცხილი მასალის კლასიფიკაცია                              | 20 – 10 მმ                | 40.2       | 39.7       | 40.9             | 44.3 | 40.0 | 37.1 |
|   | 10 – 0 მმ                 | 39.7       | 48.3       | 36.2             | 40.7 | 43.0 | 42.8 |
|   | სულ                       | 79.9       | 88         | 77.1             | 85.0 | 83.0 | 79.9 |
| მორეცხილი მასალის<br>დალექვა პულსატორზე<br>20-10 მმ ფრაქცია | I ფენა                    | 3.8        | 6.9        | 1.8              | 5.6  | 4.2  | 4.4  |
|   | II ფენა                   | 6.6        | 7.8        | 4.8              | 9.8  | 7.3  | 6.6  |
|   | III ფენა                  | 5.9        | 5.7        | 6.1              | 9.0  | 4.3  | 5.9  |
|   | IV ფენა                   | 23.9       | 19.3       | 28.2             | 19.9 | 26.2 | 20.2 |
|   | კონცენტრატი I-II ფენა     | 10.4       | 14.6       | 6.6              | 15.3 | 12.0 | 11.0 |
|   | შუალედ. პროდ. III-IV ფენა | 29.8       | 25.1       | 34.3             | 29.0 | 30.0 | 26.1 |
|   | სულ                       | 40.2       | 39.7       | 40.9             | 44.3 | 40.0 | 37.1 |
| მორეცხილი მასალის<br>დალექვა პულსატორზე<br>10-0 მმ ფრაქცია  | I ფენა                    | 5.0        | 14.3       | 1.2              | 1.2  | 4.5  | 6.9  |
|   | II ფენა                   | 4.3        | 9.3        | 1.5              | 2.6  | 5.1  | 5.6  |
|   | III ფენა                  | 7.4        | 10.3       | 3.8              | 6.2  | 7.4  | 6.8  |
|   | IV ფენა                   | 23.0       | 15.0       | 29.7             | 30.7 | 26.0 | 23.5 |
|   | სულ                       | 39.7       | 48.3       | 36.2             | 40.7 | 43.0 | 42.8 |
| ჯამური მაჩვენებლები   | კონცენტრატი               | 20.5       | 40.1       | 8.3              | 15.7 | 21.0 | 24.0 |
|   | შუალედური პროდუქტი        | 59.4       | 47.9       | 68.8             | 69.3 | 64.0 | 55.9 |
|   | შლამი                     | 20.1       | 12.0       | 22.9             | 15.0 | 15.0 | 20.1 |
|   | სულ                       | 100        | 100        | 100              | 100  | 100  | 100  |

## ცხრილი 5

## ”სპეცპროდუქტის” გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური პარამეტრები

| ოპერაციის დასახელება                                  | პროდუქტი              | გამოსავალი% |             | შემცველობა%<br>Mn | ამოკრევა %<br>Mn |
|---|-----------------------|-------------|-------------|-------------------|------------------|
|   |                       | ოპერაციიდან | ნედლეულიდან |                   |                  |
| დამსხვრევა 20-0 მმ-ე და მორეცხვა                      | მორეცხილი მადანი      | -           | 94.4        | 15.7              | 95.0             |
|   | შლამი                 | -           | 5.6         | 14.3              | 5.0              |
|   | სულ ნედლეული          | -           | 100         | 15.6              | 100              |
| მორეცხილი მასალის კლასიფიკაცია                        | 20 – 10 მმ            | 75.6        | 71.4        | 15.2              | 69.5             |
|   | 10 – 0 მმ             | 24.4        | 23.0        | 17.3              | 25.5             |
|   | სულ                   | 100         | 94.4        | 15.7              | 95               |
| მორეცხილი მასალის დალექვა პულსატორზე 20-10 მმ ფრაქცია | I ფენა                | 12.6        | 9.0         | 28.7              | 16.6             |
|   | II ფენა               | 23.8        | 17.0        | 21.4              | 23.3             |
|   | III ფენა              | 23.3        | 16.6        | 14.3              | 15.2             |
|   | IV ფენა               | 40.3        | 28.8        | 7.8               | 14.4             |
|   | კონცენტრატი I-II ფენა | 36.4        | 26.0        | 24.0              | 40.0             |
|   | სულ                   | 100         | 71.4        | 15.2              | 69.5             |
| მორეცხილი მასალის დალექვა პულსატორზე 10-0 მმ ფრაქცია  | I ფენა                | 9.9         | 2.3         | 33.1              | 4.9              |
|   | II ფენა               | 18.8        | 4.3         | 29.2              | 8.1              |
|   | III ფენა              | 23.8        | 5.5         | 18.5              | 6.5              |
|   | IV ფენა               | 47.5        | 10.9        | 8.7               | 6.0              |
|   | სულ                   | 100         | 23.9        | 17.3              | 25.5             |
| ჯამური მაჩვენებლები                                   | კონცენტრატი           | -           | 32.60       | 25.3              | 52.9             |
|   | შუალედური პროდუქტი    | -           | 61.80       | 10.6              | 42.0             |
|   | შლამი                 | -           | 5.60        | 14.3              | 5.1              |
|   | სულ                   |             | 100         | 15.6              | 100              |

## ცხრილი 6

ითხვისის მადაროს ნედლეულის გრავიტაციული გამდიდრების ტექნოლოგიური პარამეტრები

არსებული ტექნოლოგია

| ოპერაციის დასახელება                                       | პროდუქტი           | გამოსავალი% |             | შემცველობა%<br>Mn | ამოკრეფა%<br>Mn |
|--|--------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------|
|  |                    | ოპერაციიდან | ნედლეულიდან |                   |                 |
| დამსხვრევა 20-0 მმ-ე და მორეცხვა                           | მორეცხილი მადანი   | -           | 75.8        | 20.2              | 80.5            |
|  | შლამი              | -           | 24.2        | 15.4              | 19.5            |
|  | სულ ნედლეული       | -           | 100         | 19.0              | 100             |
| მორეცხილი მასალის<br>დალექვა პულსატორზე<br>20-0 მმ ფრაქცია | I ფენა             | 14.3        | 10.8        | 46.2              | 26.3            |
|  | II ფენა            | 18.2        | 13.8        | 27.8              | 20.2            |
|  | III ფენა           | 17.8        | 13.5        | 19.1              | 13.6            |
|  | IV ფენა            | 49.7        | 37.7        | 10.34             | 20.4            |
|  | სულ                | 100         | 75.8        | 20.2              | 80.5            |
| ჯამური მაჩვენებლები  | კონცენტრატი        |             | 24.6        | 35.9              | 46.5            |
|  | შუალედური პროდუქტი |             | 51.2        | 12.6              | 33.9            |
|  | შლამი              |             | 24.2        | 15.4              | 19.6            |
|  | სულ                |             | 100         | 19.0              | 100             |

### 3. კალციუმის მაღალოქსიდშემცველი მანგანუმის ნაჭროვანი კონცენტრატის მეტალურგიული თვისებების გამოკვლევა.

მანგანუმის ახალი კონცენტრატის მეტალურგიული თვისებების გამოსაკვლევად, შესწავლილი იქნა მისი ქიმიური, მინერალოგიური, გრანულომეტრიული და ფაზური შედგენილობა, კონცენტრატის ელექტროწინალობის ტემპერატურასთან დამოკიდებულება და გარბილების ტემპერატურული ინტერვალი. განსაზღვრული იქნა ახალი მეტალურგიული ნედლეულის თბოფიზიკური თვისებები (ენტალპია, სითბოტევადობა, სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტი).

შედარების მიზნით, ანალოგიური კვლევები აგრეთვე ჭიათურის მე-3 ხარისხის ოქსიდური მადნის კონცენტრატის გამოყენებითაც ჩატარდა. შაცდელი კონცენტრატიდან სასაქონლო სილიკომანგანუმის გამოდნობის ექსპერიმენტი “ტამანის” ტიპის ელექტროღუმელში განხორციელდა.

#### 3.1. საცდელი კონცენტრატის ქიმიური, გრანულომეტრიული, ფაზური შედგენილობა და აირგანვლადობა

საცდელი კონცენტრატის ქიმიური, გრანულომეტრიული და ფაზური შედგენილობა 3.1, 3.2. და 3.3 ცხრილშია მოცემული, ხოლო მინერალოგიური შედგენილობა 3.1. სურათზეა ნახვენები.

ცხრილი 3.1.

საცდელი კონცენტრატის ქიმიური შედგენილობა, %

| Mn    | SiO <sub>2</sub> | CaO  | Fe  | P         | ბ.დ   |
|-------|------------------|------|-----|-----------|-------|
| 25-35 | 20-35            | 5-12 | 1-2 | 0.16-0.19 | 18-23 |



## ცხრილი 3.2

საცდელი კონცენტრატის გრანულომეტრიული შედგენილობა, %

| ფრაქცია, მმ |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|
| -20+18      | -18+15 | -15+13 | -13+10 |
| 32-34       | 29-35  | 24-30  | 5-11   |

## ცხრილი 3.3.

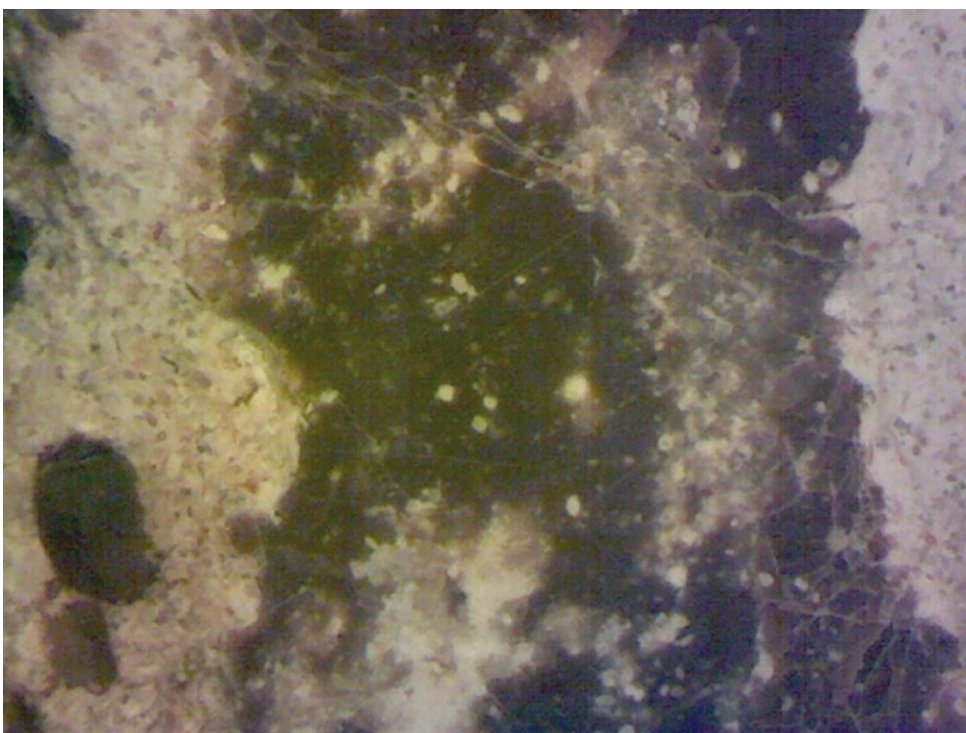
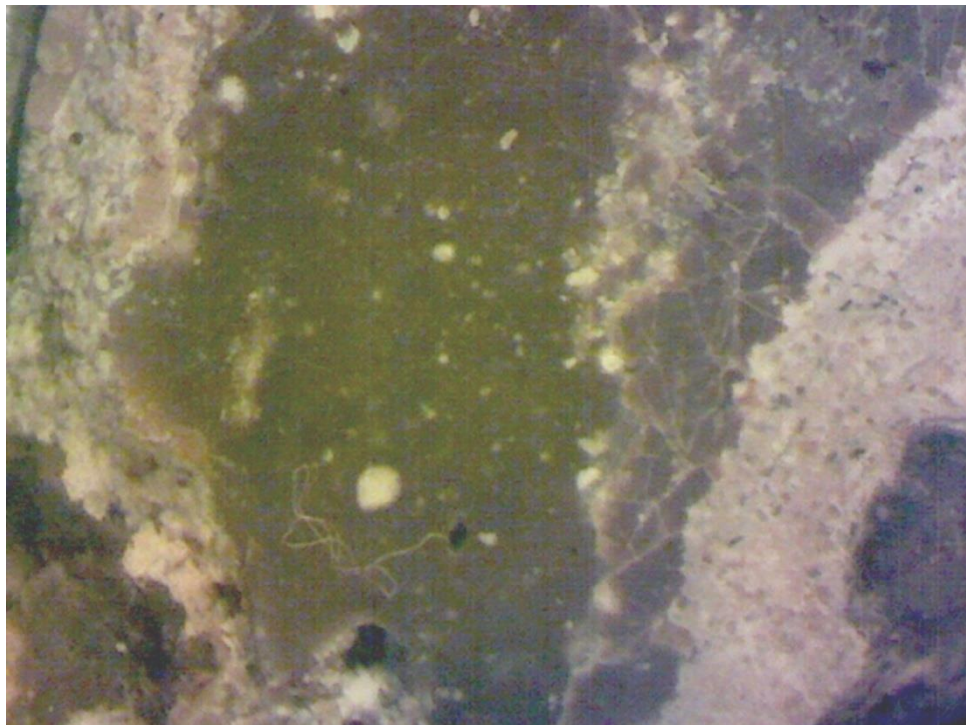
საცდელი კონცენტრატის ფაზური შედგენილობა, %

| Mn-ის საერთო რაოდენობა | Mn კარბონატების სახით | Mn ოქსიდების სახით |
|------------------------|-----------------------|--------------------|
| 25-35                  | 55-70                 | 30-45              |

3.3. ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარე, საკვლევი მასალა ძირითადად კარბონატული ტიპის ნედლეულს განეკუთვნება, რაზეც აღნიშნული მასალის გამოწვის დანაკარგის მაღალი მნიშვნელობაც მიუთითებს (ცხრ.3.1). Mn-ის ამ ახალი კონცენტრატის კარბონატული ბუნება მინერალოგიური გამოკვლევითაც დადასტურდა (სურ. 3.1)

კერძოდ, კარბონატული მდგენელი, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ნატეხოვან მასალას, მიკროსფეროლიტური აღნაგობისაა; სპეცკონცენტრატში კარბონატები ძირითადად წარმოდგენილია მანგანოკალციტის სახით, რომელშიც ალაგ-ალაგ მოთავსებულია ბზარების მქონე კალციუმიანი ფსილომელანი-რანსეიტი. ნიმუშში აღინიშნება ოლიტური წარმონაქმნის დაჭიმულობა, რომლის ზონებიც მანგანოკალციტით და ქალცედონითაა წარმოდგენილი. არამადნური ნაწილი

უმეტესწილად კვარციტს, ჰალცედონსა და ოპალს შეიცავს. ნიმუშში იშვიათადაა პირიტის მცირე რაოდენობაც.



სურ.3.1. საცდელი კონცენტრატის მინერალოგიური შედგენილობა

კაზმის აირგანვლადობა ჰიდრაულიკურ თვისებათა ჯგუფს განეკუთვნება და იგი დიდ გავლენას ახდენს ღუმელში მიმდინარე ფიზიკო-ქიმიურ პროცესებზე. ნაჭროვანი საკაზმე მასალების გამოყენება ზრდის წამყვანი ელემენტის ამოკრეფასა და შესაბამისად მიღებული ლითონის რაოდენობას. გარდა ამისა, ღუმელი ამოფრქვევის გარეშე მუშაობს და მისი ელექტრული რეჟიმიც სტაბილურია.

საცდელი პროდუქტის აირგანვლადობის განსაზღვრა კლასიკური მეთოდით განხორციელდა [12], კერძოდ ანგარიშისას გამოყენებული იქნა დამოკიდებულება

$$K = \frac{QL}{FtP}, \text{ სადაც}$$

$K$  აირგანვლადობის რიცხვია;

$Q$  ნიმუშში გამავალი ჰაერის რაოდენობა, სმ<sup>3</sup>;

$L$  ნიმუშის სიმაღლეა, სმ;

$T$  ნიმუშში  $Q$  სმ<sup>3</sup> ჰაერის გავლის დრო, წთ;

$P$  წნევა, რომლითაც ჰაერი გადის ნიმუშში.

ექსპერიმენტის შედეგებიდან გამომდინარე, საცდელი კონცენტრატის აირგანვლადობა საკმაოდ მაღალია და იგი 405-583 ერთეულ დიაპაზონში მერყეობს.

### 3.2 საცდელი კონცენტრატის ელექტროწინააღობისა და გარბილების ტემპერატურის გამოკვლევა

ფეროშენადნობების გამოსადნობი კაზმის მადნური ნაწილის ელექტროწინააღობა და მისი გარბილების პროცესის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების ხასიათი, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მთლიანი კაზმის თვისებებზე. მანგანუმიანი ფეროშენადნობების გამოდნობისას, ღუმელის ელექტრორეჟიმი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული კაზმის ელექტროწინააღობისა და გარბილების პროცესზე, რის გამოც აღნიშნული ფიზიკური თვისებები, ქიმიურ შედგენილობასთან ერთად, ახალი ნედლეულის ძირითად მეტალურგიული თვისებების განმსაზღვრელ ფაქტორად უნდა ჩაითვალოს. აზმის ელექტროწინააღობისა და გარბილების დაწყების ტემპერატურის მაღალი მაჩვენებლები უზრუნველყოფს დნობის პროცესში კაზმში ელექტროდების ღრმა ჩაჯდომას, რის შედეგადაც მნიშვნელოვნად მცირდება ზედა ჰორიზონტებზე დენის გადადინება კაზმის გავლით ელექტროდებს შორის და საშუალებას იძლევა გაზრდილი იქნას სასარგებლო ძაბვა და შესაბამისად, საღუმელე დანადგარის სასარგებლო სიმძლავრე ელექტროენერჯის დანაკარის გაზრდის გარეშე. ელექტროღუმელში დნობისას, მიმდინარეობს რთული ფიზიკო-ქიმიური გარდაქმნები, რომელთა შორის საკაზმე მასალების გარბილება განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს. საკერძოდან ქვემოთ კაზმის მოძრაობისას, იზრდება მისი ტემპერატურა. შესაბამის ტემპერატურულ ზონაში მოხვედრისას, იწყება კაზმის მადნური ნაწილის გარბილება, წარმოიქმნება შემცხვარი კონგლომერატი და როგორც შედეგი, ხდება დნობის აეროდინამიკური პირობების გაუარესება.

აღნიშნულ ზონაში მცირდება აღდგენითი პროცესების სიჩქარე და ნელდება კაზმის სვლის სიჩქარეც. კაზმის გარბილების ტემპერატურულ ზონაში, აირგანვლადობის შემცირების გამო, ხდება გახურებული აირების აღმავალი ნაკადის დაგროვება და ცალკეული ხვრელების საშუალებით მაღალი ტემპერატურითა და სიჩქარით, მათი გადინება ღუმელიდან. მაღალტემპერატურამდე გახურებული აირები თავის მხრივ ხელს უწყობენ წიდის ნაადრევ წარმოქმნას.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ახალი სახის ნედლეულის მეტალურგიული თვისებების შესწავლისას აუცილებელია გამოკვლეული იქნას მისი ელექტროწინალობა და გარბილების ტემპერატურული ინტერვალი. ლიტერატურული მონაცემებიდან გამომდინარე, მრავალი კვლევითი სამუშაოებია ჩატარებული ამ მიმართულებით [13-18].

ჭიათურის მანგანუმის მადნის გამდიდრებისას მიღებული საცდელი კონცენტრატის ელექტროწინალობისა და გარბილების ტემპერატურის შესწავლა განხორციელდა კონტაქტური მეთოდით სტუ-ს “ელექტრომეტალურგიის სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრში” არსებულ დანადგარზე (სურ 3.2). ანათვლების აღება ხდებოდა ყოველი  $100^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურული ინტერვალით ოთახის ტემპერატურიდან ნიმუშის გარბილების ტემპერატურის დასრულებამდე. კუთრი ელექტროწინალობა გამოითვალა შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\rho = \frac{RS}{h}, \text{ სადაც } \rho \text{ კუთრი ელექტროწინალობაა, } \text{ომი}\cdot\text{მ};$$

$R$  ნიმუშის ელექტრო წინალობა, ომი;

$S$  ნიმუშის განიკვეთის ფართი, მ<sup>2</sup>;

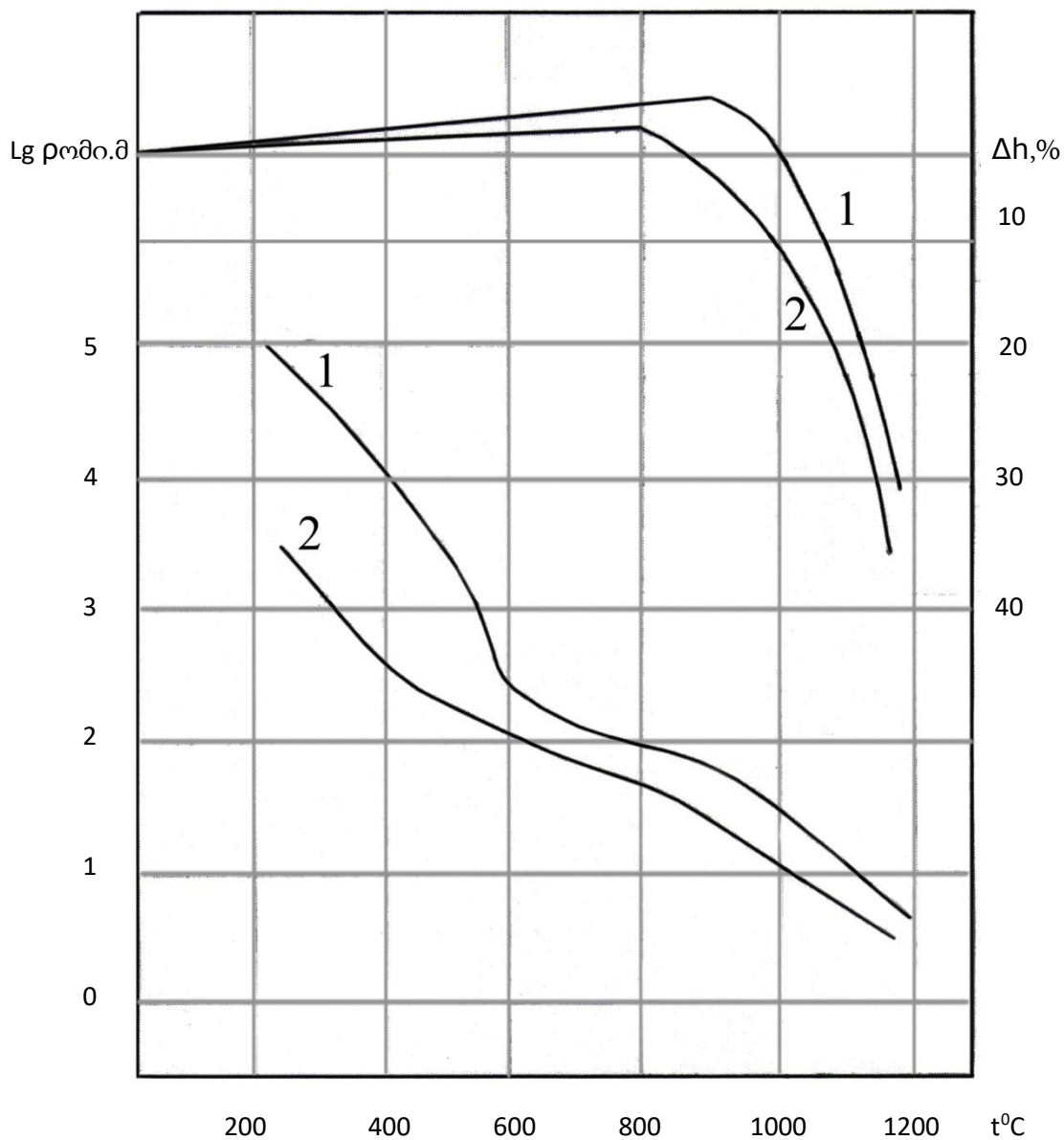
$h$  ნიმუშის სიმაღლე, მ.



კუთრი წინაღობა 1.5 ჯერ აღემატება მე-3 ხარისხის ოქსიდური კონცენტრატის ანალოგიურ მაჩვენებელს (სურ. 3.3). ტემპერატურის შემდგომი მატებით აღნიშნული თანაფარდობა მცირდება და 1150°C-ზე ეს სიდიდე 1.2 აღარ აღემატება.

გარბილების ტემპერატურის განსაზღვრით დადგინდა, რომ საცდელი კონცენტრატი ხასიათდება გარბილების დაწყების უფრო მაღალი ტემპერატურითა (1000°C) და გარბილების ტემპერატურული ინტერვალის მცირე სიდიდით (100°C), ვიდრე მანგანუმის მე-3 ხარისხის ოქსიდური კონცენტრატი (შესაბამისად 850 და 250°C).

შედევებიდან გამომდინარე, საცდელი კონცენტრატის გამოყენება სილიკომანგანუმის კაზმში უნდა გააუმჯობესოს ღუმელის ელექტრონული მახასიათებლები.



სურ. 3.3. კონცენტრატების ელ.წინააღობისა და გარბილების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

1.საცდელი კონცენტრატი,

2. მე-3 ხარისხის ოქსიდური კონცენტრატი.



### 3.3 საცდელი კონცენტრატის თბოფიზიკური თვისებების გამოკვლევა

ცნობილია, ფეროშენადნობთა წარმოებისას საკაზმე მასალების თბოფიზიკური სიდიდეები (თბომომხმარებლობა, სითბოტევადობა, სითბოგამტარებლობა) უშუალოდ განსაზღვრავს დახარჯული ელექტროენერჯიის რაოდენობას. ამიტომაც აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებული გამოკვლევები ყოველთვის იწვევდა სპეციალისტთა დიდ ინტერესს [19-30].

საცდელი კონცენტრატის თბოფიზიკური თვისებების დადგენა “OTCM” ტიპის დანადგარზე განხორციელდა. აღნიშნული დანადგარი იმითაა ღირებული, რომ იგი მცირე თბოგამტარებლობის მოქნე მყარი და ფხვიერი მასალების თბოფიზიკური თვისებების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა [27-28]. ხელსაწყო ითვალისწინებს სითბოს ბალანსის კომპლექსური არასტაციონალური მეთოდის გამოყენებას, რომელიც ერთჯერადი ცდით უზრუნველყოფს თბოფიზიკური სიდიდეების ტემპერატურული ფუნქციის განსაზღვრას. გარე პირობების გავლენისა და დაგროვილი ცდომილების გამორიცხვის მიზნით ხელსაწყო ემორჩილება ტარირებას.

როგორც გამოკვლევებმა აჩვენა, საცდელი კონცენტრატის მინერალოგიური შედგენილობიდან გამომდინარე, სითბოტევადობა პიკს  $600-800^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე აღწევს ( $0.96\text{კჯ/კგ.გრ.}$ ). ამავე ტემპერატურულ ინტერვალში სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტი  $0.89-1.1\text{კგ/მ.გრ}$  დიაპაზონში მერყეობს, ხოლო თბომომხმარებლობის ნაზრდი  $1.5\text{-ჯერ}$  აღემატება  $800-1100^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ ინტერვალში თბომომხმარებლობის ანალოგიურ მაჩვენებელს (ცხრ 3.5).

ექსპერიმენტული მონაცემებიდან გამომდინარე, ელექტროდუმელებში მანგანუმის ამ ახალი ნედლეულის გამოყენებამ სილიკომანგანუმის კაზმში არ უნდა გამოიწვიოს ელექტროენერჯის გადახარჯვა.

ცხრილი 3.5.

### საცდელი კონცენტრატის თბოფიზიკური მახასიათებლები

| ტემპერატურა<br>°C | თბომომხმარებლობა<br>კჯ/კგ | სითბოტევადობა<br>კჯ/კგ-გრ | სითბოგამტარებლობის<br>კოეფიციენტი ვტ/მ.გრ |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|---|
| 100               | 85                        | 0,85                      | 0,89                                      |
| 200               | 165                       | 0,82                      | 0,71                                      |
| 300               | 232                       | 0,77                      | 0,79                                      |
| 400               | 360                       | 0,90                      | 0,84                                      |
| 500               | 475                       | 0,95                      | 0,86                                      |
| 600               | 578                       | 0,96                      | 0,89                                      |
| 700               | 650                       | 0,93                      | 0,98                                      |
| 800               | 765                       | 0,96                      | 1,10                                      |
| 900               | 873                       | 0,97                      | 1,83                                      |
| 1000              | 1010                      | 1,01                      | 1,84                                      |
| 1100              | 1218                      | 1,11                      | 1,90                                      |

### 3.4. საცდელი კონცენტრატიდან სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიის დამუშავება

სილიკომანგანუმი ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და საჭირო შენადნობია ფოლადის წარმოებისთვის. საბაზრო ეკონომიკის პირობებიდან გამომდინარე, ზესტაფონის

ფეროშენადნობთა ქარხანა ამჟამად მხოლოდ სილიკომანგანუმს აწარმოებს (საშუალოდ 200 ათას ტონას წელიწადში). ზ.ფ.ქ-ში სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგია კაზმში მანგანუმის მაღალი ხარისხის კონცენტრატის გამოყენებას ემყარება. ჭიათურის კონცენტრატის არასაკმარისი რაოდენობის გამო, ქარხანაში საზღვარგარეთის ძვირადღირებული მადნები შემოაქვთ.

კონცენტრატების დეფიციტის შევსების ერთ-ერთ საშუალებას საცდელი კონცენტრატის გამოყენებაც წარმოადგენს. ამ მიზნით ლაბორატორიულ ღუმელში განსაზღვრული იქნა საცდელი კონცენტრატიდან სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიური პარამეტრები. საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა, კაზმის შედგენილობა და გამოდნობის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები 3.6-3.8. ცხრილებშია ნაჩვენები.

### ცხრილი 3.6.

საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა, %

| დასახელება                         | Mn   | SiO <sub>2</sub> | CaO | Fe  | P    |
|------------------------------------|------|------------------|-----|-----|------|
| სპეცკონცენტრატი                    | 25.0 | 33.3             | 8.1 | 1.4 | 0.14 |
| Mn -ის მესამე ხარისხის კონცენტრატი | 37.1 | 19.8             | 4.1 | 1.8 | 0.17 |
| კვარციტი                           | -    | 95.6             | -   | -   | -    |
| კოქსწვრილა (ნაცარა)                | -    | 48.4             | -   | -   | 0.14 |

## ცხრილი 3.7.

## კაზმის შედგენილობა, %

| დასახელება                         | მაჩვენებელი |
|------------------------------------|-------------|
| სპეცკონცენტრატი                    | 35.9        |
| Mn -ის მესამე ხარისხის კონცენტრატი | 48.6        |
| კვარციტი                           | 2.8         |
| კოქსწვრილა (ნაცარა)                | 12.7        |

## ცხრილი 3.8.

## სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები

| დასახელება                             | საცდელი ვარიანტი |
|--|------------------|
| ლითონის ქიმიური შედგენილობა, %         |                  |
| Mn                                     | 74.6             |
| Si                                     | 18.8             |
| C                                      | 1.8              |
| Fe                                     | 4.5              |
| p                                      | 0.35             |
| Mn-ის შემცველობა წიდაში                | 12.3             |
| მოკრეფვა ლითონში, %                    |                  |
| Mn                                     | 78.2             |
| Si                                     | 45.6             |
| p                                      | 75.0             |
| საკაზმე მასალების ხარჯი 1ტ. ლითონზე,კგ |                  |
| სპეცკონცენტრატი                        | 1269             |
| Mn -ის მესამე ხარისხის კონცენტრატი     | 1717             |
| კვარციტი                               | 99               |
| კოქსწვრილა                             | 449              |

დნობის შედეგებიდან გამომდინარე ახალი კონცენტრატის გამოყენება სილიკომანგანუმის გამოსადნობად მისაღები და ეფექტურია.

## დასკვნები

1. ჭიათურის საბადოს რაციონალური გამოყენების, მისი ექსპლუატაციის გახანგრძლივების და გარემოს ეკოლოგიური გაჯამსაღების მიზნით, დამუშავებულია ჭიათურის ცენტრალური გამამდიდრებელი ფაბრიკა-2-ის ნედლეულიდან კალციუმის მაღალოქსიდშემცველი ნაჭროვანი კონცენტრატის მიღების ტექნოლოგია. ნაჩვენებია, რომ ითხვისის მაღაროს ნედლეულის გრაფიტაციული გამდიდრებით მიღებული ნაჭროვანი კონცენტრატის გამოსავლმა 10-25 % შეიძლება შეადგინოს, ხოლო მანგანუმის ამიკრეფამ 40%-ს მიაღწიოს.
2. განხილული იქნა საცდელი კონცენტრატის მეტალურგიული თვისებები, მისი ქიმიური, მინერალოგიური და ფაზური შედგენილობა. დადგენილ იქნა, რომ საცდელი მასალა ოქსიდურ-კარბონატული ტიპის ნედლეულს განეკუთვნება და კარბონატულ მდგენელში მანგანუმი ძირითადად მანგანოკალციტის სახითაა წარმოდგენილი. ფაზური ანალიზიდან გამომდინარე ნაჩვენებია, რომ მანგანუმის საერთო რაოდენობის 30-45% ოქსიდურ მინერალებშია თავმოყრილი.
3. დადგენილი იქნა, რომ საცდელი კონცენტრატის კუთრი ელ.წინააღობის ლოგარითმი  $200-1200^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ ინტერვალში, 5-0.6 ომი.მ ზღვრებში იცვლება, ხოლო მისი გარბილების ტემპერატურული შუალედი  $100^{\circ}\text{C}$ -ს შეადგენს. თბოფიზიკური სიდიდეებიდან გამომდინარე, საცდელი კონცენტრატის თბომომხმარებლობა  $800^{\circ}\text{C}$ -ზე 765 კჯ/კგ-ს აღწევს, ხოლო  $1100^{\circ}\text{C}$ -ზე მისი სითბოტევადობა და სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტი შესაბამისად 1.11 კჯ/კგ.გრ და 1.90 ვტ/მ.გრ-ს შეადგენს.

4. დნობის ექსპერიმენტიდან გამომდინარე ნაჩვენებია, რომ საცდელი კონცენტრატის გამოყენებით შესაძლებელია სტანდარტული სასაქონლო სილიკომანგანუმის მიღება ( $P \leq 0.35$  %), რომლის დროსაც მანგანუმის ამოკრეფა 78.2 % იქნება, ხოლო სილიციუმის გადასვლა ლითონში 45,6 მიაღწევს.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Природные ресурсы Грузии и проблемы рационального использования // Тб. „მეცნიერება“. 1991 გ. სტრ. 680.
2. Мазмишвили С. М. Развитие теорий, разработка и освоение технологий рационального использования Чиатурских руд при выплавке марганцевых ферросплавов / диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. // Тб. 1996 г. Стр. 426.
3. Бетехтин А.Г. Чиатурское марганцевое месторождение и его промышленная характеристика. //Тр.ЦНИГРИ, 1936. вып 60, 46с.
4. Бетехтин А.Г. ,Авалиани Г.А. Чиатурское месторождение марганца.//М.,Недра, 1964г.
5. Дзоценидзе Г.С. О генезисе Чиатурского месторождения марганца./Литология и полезные ископаемые.//1965, №1, с.3-17
6. Гамкрелидзе П.Д. Строение и развитие западной части южного склона Большого кавказа и Грузинской глыбы.//Геотектоника, 1969г. №4, с. 72-84
7. Ахвледиани Ш.В., Таисиц П.Б. Анализ товарной продукции обогатительных фабрик Чиатурского бассейна.//Сб. «Марганец» Тб. 1973г. №3 (36), с. 57-71.
8. Загю Т.Н. Обзор железа и марганцеворудной базы республик закавказья./Вкн: Переработка железных и марганцевых руд закавказья.//Тб. «მეცნიერება». 1975г. с.15-20
9. Фомин Я.И. Методы глубокого обогащения и дефосфораций марганцевых руд Никопольского и Чиатурского бассейнов. /Вкн.Физико-химические основы металлургий марганца. //М. «Наука», 1977г. 76с.
- 10.Авалиани Г.А. «Марганцевые месторождения Грузии» /Изд. «Наука», М., 1982г.  
 а. 170с.
- 11.Природные ресурсы Грузии и проблемы рационального использования //Тб, «მეცნიერება» 1991გ. 680с.
- 12.А.В. Курдюмов, А.М. Михайлов и др. Лабораторные работы по технологиям литейного производство 1970г. Стр. 22



- 13.Кекелидзе М. А., Николаишвили Г. У./ Электропроводность марганцевых окислов. // Сообщения АН ГССР, Тб. 1970 г. Т. 57. № 2. Стр. 393-397
- 14.Мазмишвили С. М., Симонгулов З. А. / Металлургические свойства брикетов, изготовленных на основе марганцевых концентратов с различным содержанием кремнезема. // В сб.: „Марганец“. Тб. № 1 (73). 1981 г.
- 15.Мазмишвили С. М., Церетели Н. И., Суламанидзе В. К. / Электросопротивление и размягчение концентратов, полученных из Чиатурских марганцевых концентратов. // В сб.: „Марганец“. Тб. № 4 (94). 1984 г. Стр. 22-26.
- 16.Мазмишвили С. М., Церетели Н. И. / Электросопротивление и размягчение Чиатурского марганцевого карбонатного концентрата. // Тезисы док-ов XXII н/т конф. профессорско-преподавательского состава ВТУЗ-ов Закавказья. Тб. 1985 г. Стр. 58-59.
17. საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის კაზმის ელ. წინაღობისა დაგარბილების ტემპერატურის შესწავლა მანგანუმის საცდელი კონცენტრატების გამოყენებისას. / ნ. წერეთელი, ა. წილოსანი, ქ. წერეთელი. // სტუ-ის შრომები. 1993 წ. № 1 (394). გვ. 28-36.
18. Исследование и определение температурной зависимости электросопротивления и размягчения брикетов ОГКК и шихт углеродистого ферромарганца. / Мазмишвили С. М., Церетели К. Н., Церетели Н. И. // Марганец. Реф. сб. Тб. ГрузНИИНТИ. 1987 г. № 2 (110), Стр. 18-21.
19. Хомасуридзе Ш. Н., Сигуа Т.И., Николаишвили Г. У. / Теплофизические свойства и электросопротивление шихты с/у

- ферромарганца. // В сб.: Теория и практика металлургии марганца. Наука. 1980 г. Стр. 8-14.
20. Кондратьев Т. В. / Испытание на теплопроводность по методу регулярного режима. // Гостехиздат. М. 1954 г. Стр. 273.
21. Ликов А. В. / Теория теплопроводности // Высшая школа. М. 1967 г. Стр. 480.
22. Рафалович И. М., Денисова И. А. / Определение теплофизических свойств металлургических материалов. // Металлургия. М. 1971 г. Стр.159.
23. Smith C. S., Metals techn. 1939. Vb. № 6. P. 1.
24. Кучер А. Г., Ильченко К. Д. / Исследование теплофизических свойств марганцевых материалов и шихт для выплавки марганцевых ферросплавов // Изд. „Металлургия и коксохимия“. Киев. „Техника“. 1971 г. Вып. 26. Стр. 31-34.
25. Исследование влияния добавок уноса пыли на теплофизические свойства шихтовых материалов ферросплавного производства. / Ильченко К. Д., Мазмишвили С. М., Мчедлидзе Т. Я. и др. // Днепропетровск. УкрНИИНТИ. 1988 г. № 644. Стр. 33.
26. მანგანუმის სპეცკონცენტრატისა და მის ფუძეზე დამზადებული ს/ნ ფერომანგანუმის კაზმის თბოფიზიკური თვისებების შესწავლა. / ნ. წერეთელი, ს. მაზმიშვილი, ქ. წერეთელი. // სტუ-ის შრომები. 1995 წ. № 3 (405). გვ. 96-105.
27. Ильченко К. Д., Розенгарт Ю. И. / Определение теплофизических свойств на основе баланса тепла. // В сб.: . „Металлургия и коксохимия“. Киев. „Техника“. 1971 г. Вып. 26. Стр. 31-34.
28. Ильченко К. Д., Розенгарт Ю. И. / Установка для исследования теплофизических свойств дисперсных материалов. // Тезисы докладов IV всесоюзной конференций „Механика сыпучих материалов“. Одесса. 1980 г. Стр. 279.

29. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის სპეცკონცენტრაციანი კაზმის ზოგიერთი მეტალურგიული თვისებების გამოკვლევა. / ს. მაზმიშვილი, დ. ნანობაშვილი, ქ. წერეთელი, ნ. წერეთელი. // სტუ-ის შრომები. № 2 (452). გვ. 112-115. 2004 წ.
30. Теплофизические свойства новых шихтовых материалов и шихт для выплавки ферромарганца. / Ильченко К. Д., Морозенко В. П., Мазмишвили С. М., Церетели Н. И. / Известия ВУЗ-ов. Черная металлургия. 1989 г. № 8. Стр. 31-33.