

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გოჩა ქურდაძე

სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიის გამოკვლევა  
და ოპტიმიზაცია მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების  
გაზრდის მიზნით

სადოქტორო პროგრამა – მეტალურგია

შიფრი – 0411

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობის და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის ელექტრომეტალურგიის სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრში.

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფ. ზ. სიმონგულაშვილი

რეცენზენტები: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

დაცვა შედგება –2018–წლის 14. 07. 19.00 საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი II, აუდიტორია \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

მისამართი 0175, თბილისი, კოსტავას 69

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს

ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის – ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი \_\_\_\_\_

## სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

მსოფლიო მეტალურგიულ პრაქტიკაში სტრატეგიულ ლითონად აღიარებული მანგანუმის რაციონალურად გამოყენების პრობლემამ, განსაკუთრებული სახალხო-სამურნეო მნიშვნელობა შეიძინა. მკაცრმა კონკურენტულმა გარემომ დღის წესრიგში დააყენა უფრო ეფექტურად იქნას გამოყენებული ჩვენი ქვეყნის მანგანუმშემცველი ნედლეულის რესურსები.

ამ მიმართებით მეტად მნიშვნელოვანია მანგანუმის გადამუშავების ფუნდამენტალური გამოკვლევების განვითარება და მის საფუძველზე შექმნილი პრინციპულად ახალი და მოქმედი სქემების სრულყოფილი ტექნოლოგიები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდას მისი გადამუშავების და გამოყენების ყველა ეტაპზე.

ფოლადების წარმოების გაზრდილმა ტემპებმა მსოფლიოში, მისი ხარისხობრივი სტრუქტურის ცვლილებამ მაღალლეგირებული ლითონების გამოდნობის მიმართულებით, გამოიწვია ფეროშენადნობთა, განსაკუთრებით მანგანუმთან შენადნობთა, მოცულობის და სორტამენტის გაზრდა, სადაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს სილიკომანგანუმს. ამ პირობებში ფოლადების წარმოების მანგანუმით დაკმაყოფილების მთავარ რეზერვს წარმოადგენს მისი დანაკარგების შემცირება როგორც გამდიდრების, ასევე დნობის სტადიაზე. მანგანუმის დანაკარგების მაღალ დონეზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ ამჟამად მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება მისი მოპოვების, გამდიდრების და ელექტრომეტალურგიული გადამუშავებისას, არ აღემატება 50%.

სილიკომანგანუმის წარმოების და მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების მიღწეული მაჩვენებლების შესანარჩუნებლად და გასაუმჯობესებლად აუცილებელია სპეციალური გამოკვლევების წარმართვა, რომლებიც მიმართული იქნება მანგანუმის და სილიციუმის ღრმა აღდგენითი პროცესების ინტენსიფიკაციისაკენ.

ამრიგად, დასმული პრობლემა – ეფექტურად და რაციონალურად იქნას გამოყენებული მანგანუმშემცველი ნედლეული, მოეძებნოს მას სასარგებლო გამოყენების გაზრდის თეორიული, პრაქტიკული და კომპლექსური გადაწყვეტა და მინიმუმამდე შემცირდეს მანგანუმის დანაკარგები, მეტად აქტუალურია და დასაბუთებულია მისი არსი.

**სამუშაოს მიზანი:** თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევებზე დაყრდნობით, მიღებული პრაქტიკული მონაცემების გაანალიზებით მანგანუმთან ფეროშენადნობების, კერძოდ კი - სილიკომანგანუმის წარმოების ტექნოლოგიის ოპტიმიზაცია, რომელიც უზრუნველყოფს მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდას და შესაბამისად, ნედლეული და ენერგეტიკული რესურსების რაციონალურ ხარჯვას.

#### **კვლევის ძირითადი ამოცანებია:**

- მანგანუმთან ფეროშენადნობების წარმოების ახლანდელი მდგომარეობა და მათი მიღების რაციონალური ტექნოლოგიური სექციების გამოკვლევა;
- სილიკომანგანუმის გამოდნობის ფიზიკო-ქიმიური საფუძვლები, ტექნოლოგია და წარმოების ეფექტურობის გაზრდის ძირითადი მიმართულებები;
- სილიკომანგანუმის ოპტიმალური შედგენილობის გამოკვლევა და დადგენა, რომელიც უზრუნველყოფს მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდას;
- სილიკომანგანუმის გამოსადნობ კაზმში საკუთარი წარმოების ნარჩენების გამოყენების ოპტიმალური რაოდენობის დადგენა და მათი გავლენა მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდაზე;
- ტუტე ლითონების ალუმოსილიკატების გავლენის შესწავლა მანგანუმის და სილიციუმის აღდგენის პროცესებზე;
- ადგილობრივი, მაღალნაცრიანი ნახშირების რაციონალური გამოყენება და მისი გავლენა სასარგებლო ელემენტების ლითონში ამოკრეფის მაჩვენებლებზე. სილიკომანგანუმის სადნობი ღუმელების

ელექტრული პარამეტრების გამოკვლევა და მათი ოპტიმალური მნიშვნელობების დადგენა;

- დამუშავებული ტექნოლოგიების ტექნიკო-ეკონომიკური შეფასება.

**კვლევის მეთოდები:** სადისერტაციო ნაშრომში დასმული პრობლემების გადაწყვეტის ძირითადი მეთოდი მდგომარეობს უკვე არსებული კარგად მომუშავე ლუმელების ტექნოლოგიური პარამეტრების გაანალიზებაში და ცალკეული პარამეტრების გაუმჯობესებაში.

ჩატარებულ კვლევებში გამოყენებული იყო ფიზიკო-ქიმიური ანალიზის თანამედროვე მეთოდები. ნედლის მასალების, მიღებული ლითონის და წიდის ანალიზი ტარდებოდა, როგორც კლასიკური, ქიმიური მეთოდებით, ასევე თანამედროვე მაღალი სიზუსტის მქონე სპექტრომეტრის საშუალებით. ლუმელის ელექტრო პარამეტრების გაზომვა ხდებოდა სპეციალურად დამზადებული ელექტროზონდების საშუალებით. საცდელი სამრეწველო დნობები ჩატარებულ იქნა 5,0 და 22,5 მვა სიმძლავრის ელექტროლუმელებში.

**მეცნიერული სიახლე:** შესწავლილია მანგანუმის დანაკარგების წარმოქმნის მიზეზები და დასახულია მისი აღმოფხვრის გზები. ფართო სამრეწველო-ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზზე დაყრდნობით შემუშავებულია მადნების, კონცენტრატების და წარმოების ნარჩენების გადამუშავების რაციონალური ტექნოლოგიები, შესწავლილია დნობისათვის მათი მომზადების და დანაჭროვნების ოპტიმალური სქემები, რეკომენდირებულია ადგილობრივი ნახშირებით და ტუტე ლითონების ალუმოსილიკატებით (ტუფებით) დეფიციტური, იმპორტირებული და ძვირადღირებული კოქსის და კვარციტების ნაწილობრივი ჩანაცვლება. სადნობი აგრეგატების სასარგებლო სიმძლავრის გაზრდის მიზნით შესწავლილია ლუმელის ელექტრული პარამეტრები და დადგენილია მათი ოპტიმალური მნიშვნელობები. დადგენილია აგრეთვე სილიკომანგანუმის რაციონალური შედგენილობა და კაზმში საკუთარი წარმოების ნარჩენების

ოპტიმალური რაოდენობით გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდას.

**სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა:** ჩატარებული სამეცნიერო-ექსპერიმენტული გამოკვლევების და გაცემული რეკომენდაციების პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი საშუალებას გვაძლევს უფრო რაციონალურად იქნეს გამოყენებული ჩვენს ქვეყანაში არსებული მანგანუმშემცველი რესურსები, გაფართოვდეს ფეროშენადნობების წარმოების სანედლეულო ბაზა და შესაბამისად შემცირდეს ძვირადღირებული მანგანუმის მადნების იმპორტი.

სილიკომანგანუმის ოპტიმალური შედგენილობის დადგენა, მის გამოსადნობ კაზმში საკუთარი წარმოების ნარჩენების, ადგილობრივი მაღალნაცრიანი ნახშირების და ტუტელითონების ალუმოსილიკატების გამოყენება, სადნობი აგრეგატების რაციონალური ელექტრული პარამეტრების შერჩევა საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ წამყვანი ელემენტების – მანგანუმის და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენება და შესაბამისად შევამციროთ პროდუქციის თვითღირებულება.

**სამუშაოს აპრობაცია:** სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენდა და განხილულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 84-ე და 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე:

1. სილიკომანგანუმის წარმოების ეფექტურობის გაზრდის გზები. სტუდენტთა 84-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თეზისების კრებული, თბილისი, 2017, გვ. 159.
2. ელექტრული რეჟიმის გავლენა სილიკომანგანუმის გამოდნობის შედეგებზე. სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თეზისების კრებული, თბილისი, 2018.

**პუბლიკაციები:** სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები და შედეგები გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატიაში და 2 თეზისში.

**სამუშაოს მოცულობა:** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: შესავალი, ოთხი თავი და დასკვნა. შეიცავს რეზიუმეს, შინაარსს, 17 ნახაზს, 18 ცხრილს, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას 84 წყაროს დასახელებით და დანართს. დისერტაცია წარმოდგენილია თაბახის 108 ფურცელზე.

## 1. სილიკომანგანუმის გამოდნობის რესურსდამზოგი ტექნოლოგიების დამუშავება

### 1.1. ლითონის ოპტიმალური შედგენილობის შერჩევა და მისი გავლენა მანგანუმის ამოკრეფის მაჩვენებლებზე

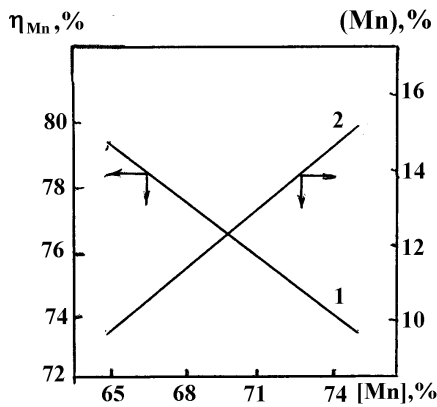
ცნობილია, რომ მანგანუმიანი ფეროშენადნობების (სილიკომანგანუმის) გამოდნობის პროცესის ტექნოლოგიის ხარისხობრივი მაჩვენებლები ძირითადად ხასიათდება წამყვანი ელემენტების შენადნობში ამოკრეფის სიდიდით და მისი ოქსიდების შემცველობით საბოლოო წილებში. მათში მანგანუმის შემცველობა ძირითადად დამოკიდებულია ლითონში სილიციუმისა და მანგანუმის კონცენტრაციაზე, რაც დადასტურდა ჩატარებული გამოკვლევებით.

საცდელი დნობები, რომლებიც მიზნად ისახავდა მანგანუმით და სილიციუმით სხვადასხვა შემცველობის სილიკომანგანუმის მიღებას, ჩატარებულ იქნა 5 მგა სიმძლავრის მადანადმდგენ ელექტროლუმელში.

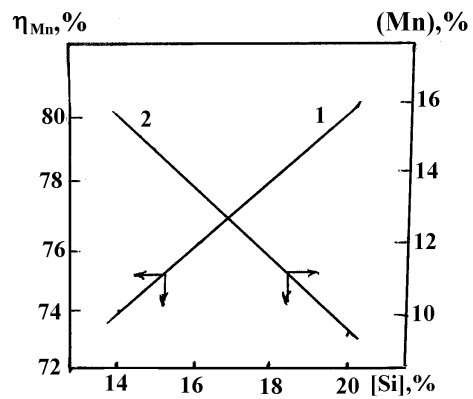
საკაზმე მასალებად გამოყენებული იყო ჭიათურის მანგანუმის კონცენტრატი ( $Mn - 40\%$ ), ბოლნისის კვარციტი ( $SiO_2 - 94\%$ ), ე.წ. წილის ქერქული ნარჩენები ( $Mn - 15 - 16\%$ ), კირქვა, კოქსი და რკინის ხენჯი ( $Fe - 70\%$ ). დნობების ყველა სერიაში წილის ფუძიანობა იყო მუდმივი ( $CaO / SiO_2 = 0,5$ ).

გამოდნობილ იქნა სილიკომანგანუმი მანგანუმის 65-66, 68-70, 72-74% და სილიციუმის 14-15, 16-17, 19-20% შემცველობით. სილიკომანგანუმის მიღების ძირითადი მაჩვენებლები მოყვანილია ნახაზებზე 1-4.

დნობების შედეგების დამუშავებით დადგინდა დამოკიდებულება მანგანუმისა და სილიციუმის ლითონში შემცველობას და მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებას შორის. ლითონში სილიციუმის რაოდენობის გაზრდა და მანგანუმის კონცენტრაციის შემცირება იწვევს საბოლოო წილების ჯერადობის და მასში მანგანუმის რაოდენობის შემცირებას.

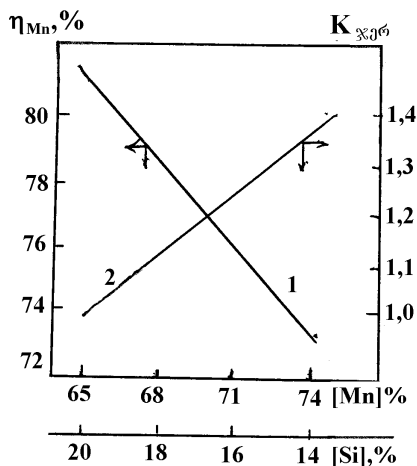


ნახ. 1.

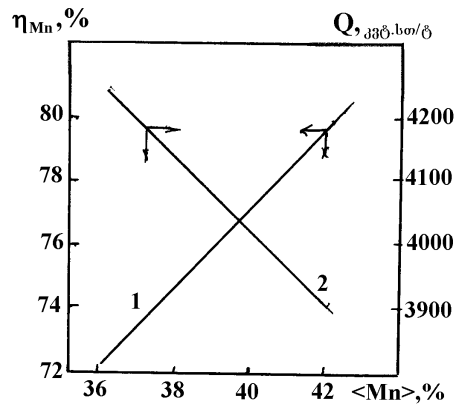


ნახ. 1. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების (1) და წიდაში მანგანუმის შემცველობის (2) დამოკიდებულება ლითონში მანგანუმის შემცველობაზე

ნახ. 2. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების ( $\eta_{Mn}$ ) (1) და წიდაში მანგანუმის შემცველობის (Mn) (2) დამოკიდებულება ლითონში სილიციუმის შემცველობაზე [Si]



ნახ. 3.



ნახ. 3. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების ( $\eta_{Mn}$ ) (1) და წიდას ჯერადობის ( $K_{ჯერ.}$ ) (2) დამოკიდებულება ლითონში [Mn] და სილიციუმის [Si] შემცველობაზე

ნახ. 4. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების ( $\eta_{Mn}$ ) (1) და ელ.ენერგიის ხვედრითი ხარჯის ( $Q_{ხვ}$ ) (2) დამოკიდებულება მანგანუმის კონცენტრაციაზე გამოყენებულ ნედლეულში, <Mn>



ასე მაგალითად, 72-74% მანგანუმის და 14-15% სილიციუმის შემცველობის სილიკომანგანუმის გამოდნობისას წიდის ჯერადობა იყო 1,4, მასში მანგანუმის შემცველობა 13-14%, მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება – 74%. ისეთი შედგენილობის სილიკომანგანუმის გამოდნობისას, რომელშიც მანგანუმის შემცველობა იყო 65-66%, სილიციუმის 19-20%, წიდის ჯერადობა იყო 1,2, მასში მანგანუმის რაოდენობა 9-10% და მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებამ 82%-ს მიაღწია.

ამრიგად, მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გასაზრდელად მიზანშეწონილია, რომ გამოდნობილ იქნეს სილიკომანგანუმი მანგანუმის 65-66% და სილიციუმის 19-20% შემცველობით, რაც საბოლოო ჯამში მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებას 7-8% გაზრდის.

## **1.2. სილიკომანგანუმის გამოდნობა კაზში საკუთარი წარმოების ლითონური ნარჩენების გამოყენებით**

სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში, წარმოიქმნება მანგანუმის გარდაუვალი ტექნოლოგიური დანაკარგები, როგორც ოქსიდური ფორმით, ასევე ლითონური სახით. აღდგენილი მანგანუმის დანაკარგები ლითონშემცველი ფაზის სახით შეადგენს 6-12% .

დაბალი ფრაქციის ლითონზე შეზღუდული მოთხოვნილების გამო, ამჟამად, ძირითადად ხდება არაკონდიციური ლითონური ნარჩენების მადანთერმულ, ან ინდუქციურ ლუმელებში გადადნობა, საიდანაც მანგანუმის ამოკრების ხარისხი არ აღემატება 82%.

აღდგენითი პროცესების თერმოდინამიკული ანალიზი, ლითონური ფაზის თანაარსებობის პირობებში გვიჩვენებს, რომ უფრო პერსპექტიული მეთოდი ლითონური ნარჩენების უტილიზაციისა არის მათი გამოყენება სხვა საკაზმე მასალებთან ერთად. აქედან გამომდინარე, ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია სხვადასხვა მარკის და შედგენილობის სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგია, რომლის არსი მდგომარეობს

იმში, რომ მანგანუმის და განსაკუთრებით სილიციუმის აღდგენა ნახშირბადით ხდება მანგანუმშემცველი და რკინაშემცველი ლითონური ფაზის თანაარსებობისას. აღნიშნული ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს გადავამუშაოთ ყველა სახის ლითონური ნარჩენები მანგანუმის და სილიციუმის ჯამური სასარგებლო გამოყენების გაზრდით და უფრო დაბალი მატერიალურ-ენერგეტიკული დანახარჯებით.

ჩატარებულ იქნა ექსპერიმენტული სამრწველო დნობები სილიკომანგანუმის მიღებისა, კაზმში მანგანუმის კონცენტრატთან ერთად ლითონჩანართიანი წიდების, მანგანუმშემცველი და რკინაშემცველი ლითონური ნარჩენების გამოყენებით. კაზმიდან ნაწილობრივ იქნა გამორიცხული კვარციტების გამოყენება.

საცდელი სამრეწველო დნობები ჩატარებულ იქნა რუსთავის მეტალურგიულ ქარხანაში 5მვა სიმძლავრის მადანალმდგენ ელექტროლუმელში სამ ვარიანტად, რომელიც ითვალისწინებდა მანგანუმის სხვადასხვა შემცველობის ლითონჩანართიანი წიდების, გამოყენებას.

დნობების ყველა ვარიანტში გამოყენებულ იქნა ჭიათურის მანგანუმის კონცენტრატი ( $Mn$  44%;  $SiO_2$  -14%), აგრეთვე ლითონჩანართიანი წიდები მანგანუმის სხვადასხვა საერთო შემცველობით, რომელიც დნობის ვარიანტების მიხედვით ასე გამოიყურება: I – ვარიანტი -  $Mn = 28 - 30\%$  ; II – ვარიანტი -  $Mn = 23 - 25\%$  და III ვარიანტი  $Mn = 18 - 20\%$  .

ასევე მიზნად იყო დასახული ლითონის მიღება, სადაც მანგანუმის შემცველობა იქნებოდა 65-67%, ხოლო სილიციუმისა კი – 15-16%. ასეთი შედეგნილობის ლითონის წარმოება განპირობებულია ბაზარზე მისი მოთხოვნილების გაზრდის გამო. დნობების შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.

**ცხრილი 1. სილიკომანგანუმის სამრეწველო-ექსპერიმენტული დნობების ძირითადი მახასიათებლები**

მაჩვენებლები	მაჩვენებლების მნიშვნელობები გამოკვლევების ვარიანტების მიხედვით		
	1	2	3
საკაზმე მასალების ხარჯი, კგ/ტ:			
- მანგანუმის კონცენტრატი	1400	1470	1610
- ლითონჩანართიანი წიდა	1000	1050	1150
- კვარციტი	70	40	-
- კოქსწვრილა	380	400	437
- მადნურ ნაწილში $SiO_2 / Mn$	0,91	0,91	0,91
- ნახშირბადის მოდული, $C_{აყ} / Mn$	0,433	0,428	0,420
მადნური ნაწილში			
- ელ. ენერჯის ხვედრითი ხარჯი, კვტ.სთ/ტ	2900	3200	3600
- ლითონის ქიმიური შედგენილობა, %			
$Mn$	67,30	66,81	66,18
$Si$	16,20	15,85	15,69
- მანგანუმის შემცველობა წიდაში, %	10,71	10,59	11,27
- მანგანუმის გამოყენება, %	84,20	82,41	80,50
- სილიციუმის გამოყენება, %	48,61	45,60	42,10

სამრეწველო დნობების ტექნიკო-ეკონომიკური მახასიათებლების შედარება საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ სილიკომანგანუმის სადნობ კაზმში ლითონური მდგენელის არსებობის შემთხვევაში უფრო ადვილდება სასარგებლო ელემენტების, განსაკუთრებით კი სილიციუმის აღდგენა, რაც კიდევაც დაადასტურა ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა დნობებმა. ასე მაგალითად, თუ დნობების პირველ ვარიანტში, როდესაც გამოყენებული იყო მაღალხარისხიანი ლითონჩანართიანი წიდეები ( $Mn_{საერთო} - 30\%$ ), მანგანუმის ამოკრეფამ შეადგინა 84,20%, სილიციუმის კი – 48,61%. დნობების მეორე ვარიანტში, როდესაც გამოყენებული იყო შედარებით საშუალო ხარისხის წიდეები ( $Mn_{საერთო} - 25\%$ ) აღნიშნულმა მახასიათებლებმა შეადგინა შესაბამისად 82,41 და 45,60%. ხოლო მესამე ვარიანტში, დაბალხარისხიანი წიდეების ( $Mn_{საერთო} - 20\%$ ) გამოყენებით, მანგანუმის ამოკრეფა იყო 80,50%, სილიციუმისა კი – 42,10%. აღნიშნული

მახასიათებლები, წამყვანი ელემენტების სასარგებლო გამოყენებისა, ჩვეულებრივი ტექნოლოგიით დნობების შემთხვევაში (წილების გამოყენების გარეშე) არ აღემატება შესაბამისად 76 და 40%.

ამრიგად, სილიკომანგანუმის დნობის შემუშავებული ტექნოლოგია, კაზმში საკუთარი წარმოების ნარჩენების გამოყენებით, საშუალებას გვაძლევს მნიშვნელოვნად გავზარდოთ წამყვანი ელემენტების სასარგებლო გამოყენება და ავამაღლოთ დნობის სხვა ძირითადი მაჩვენებლები.

## 2. ალუმოსილიკატების გავლენა დნობის ძირითად მაჩვენებლებზე

სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთი მიმართულება მდგომარეობს ტრადიციულად გამოყენებული საკაზმე მასალების (კირქვა, დოლომიტი, კვარციტი) შეცვლაში კაჟმიწის, თიხამიწისა და ტუტე ლითონების ოქსიდების შემცველი კომპლექსური ნედლეულით. ასეთ ნედლეულს განეკუთვნება ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული სხვადასხვა გენეზისის ტუფები.

გამოკვლეულია, როგორ მოქმედებს კაზმში სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე კირქვისა და კვარციტის ტუფით შეცვლა.

ტუფის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მასში კაჟმიწისა და ტუტე ლითონების ოქსიდების თანაარსებობა, რაც, როგორც ცნობილია, ხელს უწყობს სილიკატური ნალღობების სიბლანტის შემცირებას და მანგანუმისა და სილიციუმის აღდგენის პროცესების ინტენსიფიკაციას.

- ტუფები, თავისი ქიმიური შედგენილობით, განეკუთვნება მჟავე მინერალებს, რომლებიც შეიცავს, %:  $68 - 76SiO_2$ ;  $7 - 10(Na_2O + K_2O)$ ;  $13 - 17Al_2O_3$ ;  $1 - 4Fe_2O_3$ ;  $2 - 5CaO$ .

სილიკომანგანუმის დნობა ჩატარდა 5 მვა სიმპლავრის მადანაღმდგენ ელექტრო ღუმელში ოთხ ვარიანტად.

დნობების ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები მოყვანილია ცხრილში 2.

დნობების I ვარიანტში სილიკომანგანუმის გამოდნობა ხდებოდა ჩვეულებრივი, საქარხნო კაზმის გამოყენებით. დნობების II, III და IV ვარიანტებში კირქვა კაზმიდან მთლიანად იქნა ამოიღებული და კვარციტი 100%-ით შეიცვალა ტუფით, კვარციტის წონითი რაოდენობის 30, 60 და 100%-ის შესაბამისად.

საცდელი დნობების შედეგები გვიჩვენებს, რომ კაზმში ტუფის რაოდენობის გაზრდით მანგანუმის და სილიციუმის ამოკრეფა შენადნში მატულობს და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს აღწევს, როდესაც კაზმიდან ამოღებული კვარციტი და კირქვა 100%-ით შეიცვალა ტუფით.

ცხრილი 2. სამრეწველო დნობების ძირითადი მაჩვენებლები

მაჩვენებლები ვარიანტი	I	II	III	IV
ხვედრითი ხარჯი, კგ/ტ				
- მანგანუმის კონცენტრატი	2250	2200	2150	2100
- კვარციტი	606	415	231	–
- კოქსწვრილა	530	515	494	480
- კირქვა	98,3	–	–	–
- ტუფი	–	226	445	690
ელ. ენერჯის ხარჯი, კვტ.სთ/ტ	4350	4217	4152	4048
ლითონის ქიმ. შედგენილობა, %				
<i>Mn</i>	74,2	74,2	74,1	73,8
<i>Si</i>	17,0	17,30	17,81	18,20
შენადნში გადადის, %	74,5	76,1	77,8	79,3
<i>Mn</i>	40,58	42,30	44,45	46,60
<i>Si</i>				
წილის ქიმ. შედგენილობა, %				
<i>MnO</i>	18,6	18,0	17,5	16,3
<i>SiO<sub>2</sub></i>	48,3	46,2	44,3	42,4
<i>SiO<sub>2</sub></i>	14,8	12,4	12,0	12,1
<i>CaO</i>	5,2	4,6	4,6	5,1
<i>MgO</i>	7,0	8,45	10,0	10,9
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	4,95	5,9	6,8	7,3
<i>Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O</i>				
წილის ჯერადობა	1,15	1,08	1,00	0,95

სილიკომანგანუმის დნობის საუკეთესო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, საცდელი დნობების მოცემულ პირობებში, მიიღწევა მაშინ, როდესაც წიდა შეიცავს 10-12%  $Al_2O_3$ , 6-7% ( $Na_2O + K_2O$ ).

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტუტე ლითონების ოქსიდების თიხამიწასთან თანაარსებობის პირობებში წარმოიქმნება ტუტე ალუმოსილიკატები, რომლებიც მნიშვნელოვნად აჩქარებს მანგანუმის და სილიციუმის აღდგენის პროცესს და აუმჯობესებს დნობის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. ასე მაგალითად, ლუმელის წარმადობა გაიზარდა 7%-ით, მანგანუმისა და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენება კი – 4-5 და 5-6%-ით, შესაბამისად. შემცირდა დახარჯული ელექტროენერჯის ხვედრითი ხარჯი 6-7%, თვითღირებულებამ კი დაიკლო 30-40 ამერიკული დოლარით ერთ ტონა შენადნობზე.

### 3. ნედლი მასალების მეტალურგიული თვისებების გამოკვლევა

**ელექტრული მახასიათებლების შესწავლა.** მანგანუმიანი ფეროშენადნობების გამოდნობის პროცესში მადანაღმდგენი ლუმელის მუშაობაზე უდიდეს გავლენას ახდენს გამოყენებული საკაზმე მასალების და კაზმების ელექტროწინალობა.

მაღალი ელექტროწინალობა უზრუნველყოფს კაზმში ელექტროდების ღრმა მდებარეობას და მნიშვნელოვნად ამცირებს ლუმელის ზედა ჰორიზონტებში დენების გაფანტვას. იგი საშუალებას იძლევა ელექტროენერჯის დანაკარგების გაზრდის გარეშე გავზარდოთ მუშა ძაბვა, შესაბამისად სალუმელე აგრეგატის სასარგებლო სიმძლავრე.

კაზმის საერთო ელექტროწინალობა ძირითადად დამოკიდებულია ნახშირბადიანი აღმდგენელების და მადნის ოქსიდური კომპონენტების წინალობაზე, ასევე ფრაქციულობასა და კაზმში მათ თანაფარდობაზე.

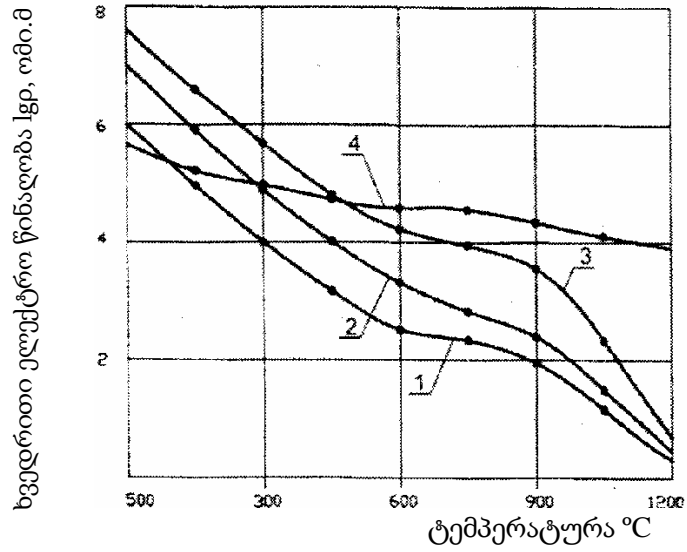
აქედან გამომდინარე ნათლად ჩანს, თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს მადნების, აღმდგენელების და კაზმების ელექტროწინალობების შესწავლას.

საკვლევი კომპონენტების შედგენილობა და ელექტროწინალობები მოცემულია ცხრილში 3 და ნახაზებზე 5, 6.

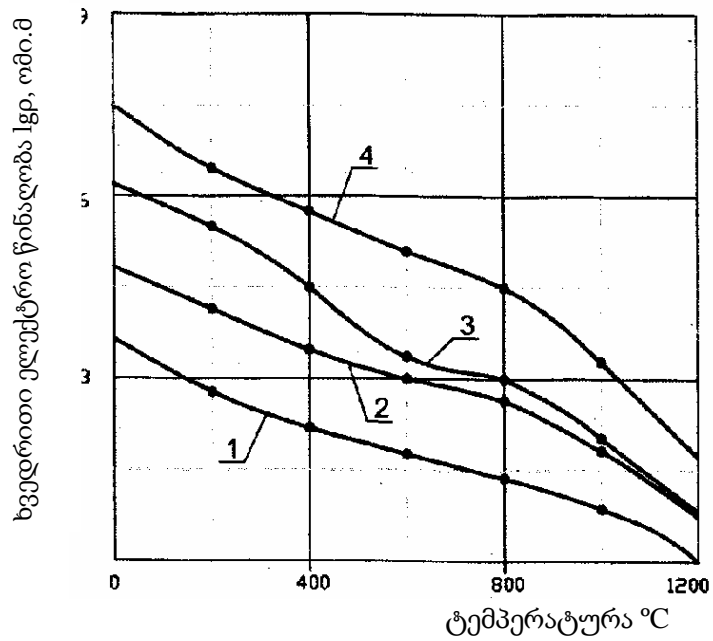
მრუდები ნახაზზე 5 გვიჩვენებს ელექტროწინალობის დამოკიდებულებას მადნის ხარისხზე. მთელ ტემპერატურულ ინტერვალში ყველაზე დაბალი ელექტროწინალობა აქვს I ხარისხის (49%  $Mn$ , 9,5%  $SiO_2$ ) მანგანუმის კონცენტრატზე დამზადებულ ბრიკეტს (მრუდი 1), ხოლო ყველაზე მაღალი – III ხარისხის კონცენტრატზე დამზადებულ (35,2%  $Mn$ , 21,8%  $SiO_2$ ) ბრიკეტს (მრუდი 3). I ხარისხის კონცენტრატზე დამზადებული ბრიკეტის შედარებით დაბალი ელექტროწინალობა აიხსნება მასში კარგად გამტარი მინერალის – პიროლუიზიტის ( $MnO_2$ ) არსებობით. კონცენტრატში მანგანუმის რაოდენობის შემცირება და შესაბამისად კაჟმიწის ( $SiO_2$ ) რაოდენობის გაზრდა იწვევს ბრიკეტების ელექტროწინალობის გაზრდას.

**ცხრილი 3. გამოსაკვლევი მადნების და სხვა საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა**

მასალები	კომპონენტების შემცველობა, %						
	$Mn$	$SiO_2$	$CaO$	$MgO$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$P$
Iხ. მანგანუმის კონც.	49,0	8,10	4,17	1,1	3,0	2,1	0,18
IIხ. მანგანუმის კონც.	44,01	14,8	5,25	0,95	3,52	2,42	0,18
IIIხ. მანგანუმის კონც.	35,2	21,8	6,42	0,98	4,46	2,47	0,18
კვარციტი	–	95,05	1,10	1,50	1,40	1,0	0,03
კოქსის ნაცარი	–	37,62	4,52	1,69	17,50	28,1	0,11
ნახშირის ნაცარი	3,1	38,1	4,40	0,95	29,9	17,5	0,20



ნახ. 5. სხვადასხვა ხარისხის მადნების ელექტროწინააღობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე: 1 – Mn -49%; 2. – Mn -44%; 3. – Mn -35%; 4. – კვარციტი.



ნახ. 6. სხვადასხვა შედგენილობის კაზმების ელექტროწინააღობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე: 1. მადანი +100% კოქსი; 2. მადანი +70% კოქსი +30% ნახშირი; 3. მადანი+100% ნახშირი; 4. მადანი + 100% ნახშირი + კვარციტი



მნიშვნელოვანია ბრიკეტის შედგენილობაში ნახშირის გავლენა ელექტროწინალობაზე. ტყიბულის ნახშირების ელექტროწინალობების შესწავლით დადგინდა, რომ 400°C ტემპერატურამდე ნახშირები არიან დიელექტრიკები, ხოლო 400-900°C ტემპერატურებში ელექტროწინალობა მკვეთრად ეცემა, შემდეგ კი შეიმჩნევა წინალობის ნელი ვარდნა.

დაბალი ხარისხის მადნებზე დამზადებული მადანახშირიანი ბრიკეტების მაღალი ელექტროწინალობა აიხსნება იმით, რომ კონცენტრატში მანგანუმის რაოდენობის შემცირება ითხოვს შესაბამისად აღმდგენელის რაოდენობის შემცირებას (31-დან 24%-მდე), რაც საბოლოო ჯამში იწვევს ელექტროწინალობის გაზრდას.

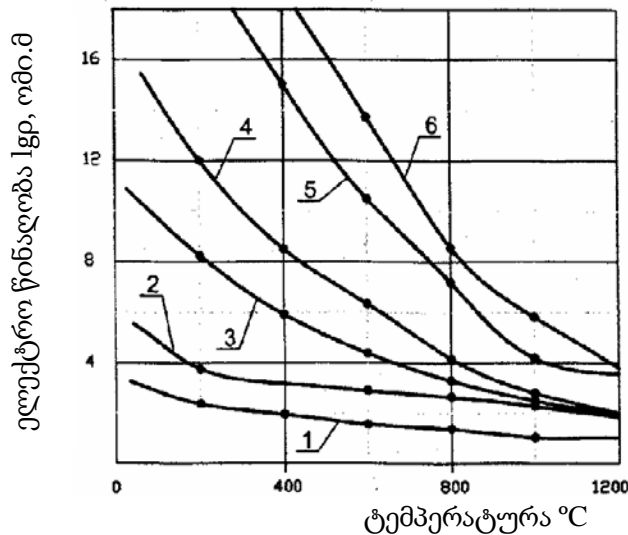
ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ კაჟბადის ( $SiO_2$ ) შემცველობის გაზრდა მანგანუმის კონცენტრატში იწვევს ხვედრითი ელექტროწინალობის გაზრდას.

ჩვენს მიერ აგრეთვე შესწავლილი იქნა რიგი ნახშირბადშემცველი აღმდგენელები, რომელთა ტექნიკური ანალიზი მოცემულია ცხრილში 4, ხოლო ცდების შედეგები ნახაზებზე 7, 8.

მოცემული ნახშირბადშემცველი აღმდგენელების, რომლებიც მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან აქროლადების შემცველებით, ელექტროწინალობა განისაზღვრებოდა 0-1200°C ტემპერატურულ ინტერვალში. მისი ფრაქციულობა კი იყო 0-6მმ-ის ფარგლებში.

**ცხრილი 4. ნახშირბადიანი აღმდგენელების ტექნიკური ანალიზი, %**

აღმდგენელი	სინესტე $W^P$	ნაცარი $A^C$	აქროლად. $V^C$	გოგირდი $S_{საერ}$
კოქსწვრილა	16	11	1,7	1,8
ანტრაციტი	4,5	5,6	2,2	0,31
ნავთობკოქსი	–	0,8	8,1	4,2
ნახევრადკოქსი	17	27	6,4	1,2
ტყვარჩელის ნახშირი	11	15	27	1,3
ტყიბულის ნახშირი	17	32	33	1,1



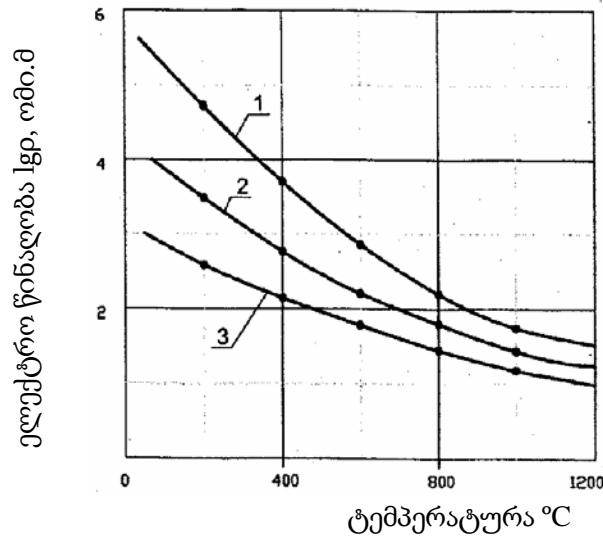
ნახ. 7. ნახშირბადიანი აღმდგენელების ელექტროწინალობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე და აქროლადი ნივთიერებების რაოდენობაზე:  
 1 – კოქსწვრილა; 2 – ანტრაციტი; 3 – ნახევრადკოქსი; 4 – ნავთობკოქსი;  
 5 – ტყვარჩელის ნახშირი; 6 – ტყიბულის ნახშირი.

აღმდგენელებში აქროლადი ნივთიერებების რაოდენობა და მისი შედგენილობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ლუმელის მუშაობაზე. აქროლადების დიდი რაოდენობა, ხდება რა მისი კონდენსაცია საკერძის ზედა ჰორიზონტებში, იწვევს კაზმის თანაბარი სვლის დარღვევას და მისი აირგანვლადობის გაუარესებას (ხდება მისი შეცხობა).

როგორც ნახაზი 7-დან ჩანს, აქროლადი ნივთიერებების გამოსვლის გაზრდით ნახშირბადიანი აღმდგენელების ელექტროწინალობა იზრდება.

ფეროშენადნობთა ლუმელების მუშაობაზე აგრეთვე დიდ გავლენას ახდენს ნახშირბადიანი აღმდგენელის ფრაქციულობა. სხვადასხვა ფრაქციის კოქსის ელექტროწინალობას ვსაზღვრავდით მაღალტემპერატურული ომმეტრით 0-1200°C ტემპერატურულ ინტერვალში. ცდის შედეგები მოყვანილია ნახაზზე 8. როგორც ცდის შედეგებიდან ჩანს, ყველაზე მაღალი ელექტროწინალობა აქვს 0-5მმ ფრაქციის კოქსს, მაგრამ ასეთი ფრაქციის კოქსის გამოყენება აუარესებს ლუმელის მუშაობას. ამ დროს შესაძლებელია მოხდეს საკერძის შეცხობა. გარდა ამისა, იგი დიდი რაოდენობით წარიტაცება გამონაბოლქვი აირების მეშვეობით, რაც თავისთავად იწვევს

კოქსის დიდ დანაკარგებს. 20მმ-ზე მაღალი ფრაქციის კოქსის გამოყენება აუარესებს ელექტროდების კაზმში ჩაჯდომის სიღრმეს და არღვევს ღუმელის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმს.



ნახ. 8. სხვადასხვა ფრაქციის კოქსწვრილას ელექტროწინააღმდეგობის ცვლილება 0-1200°C ტემპერატურულ ინტერვალში: 1- 0-5მმ; 2 - 5-20მმ; 3 - 20-25მმ.

#### 4. სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის ოპტიმიზაცია სხვადასხვა ნახშირბადშემცველი აღმდგენელების გამოყენებით

##### 4.1. კოქსწვრილას ანაცერის დანაჯროვნება დაბრიკეტების მეთოდით და მისი გამოყენება სილიკომანგანუმის გამოსადნობად

როგორც ცნობილია, კოქსწვრილას გაცრის შედეგად მიღებული წვრილფრაქციული (0-5მმ) კოქსის გამოყენება შეუძლებელია დანაჯროვნების გარეშე, რომლის წილი საკმარისად სოლიდურია და შეადგენს დაახლოებით (10-12%).

აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით ჩავატარეთ ჯერ ლაბორატორიული, ხოლო შემდეგ სამრეწველო კვლევები. კოქსწვრილას ანაცერის ტექნიკური ანალიზი შემდეგია: ნაცრიანობა  $A_t^d$ -18%, სინესტე

$W^r$  – 10%, აქროლადების გამოსავალი  $V^{daf}$  – 2,4%, გოგირდი  $S_t^d$  – 1,0%, ხოლო ნახშირბადი  $C$  – 78,5%.

როგორც ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული ბრიკეტები თავისი ფიზიკო-ქიმიური და მექანიკური თვისებებით მთლიანად აკმაყოფილებს მიღებულ მასალზე წაყენებულ მოთხოვნებს. ასეთივე შედეგი გვიჩვენა სამრეწველო მასშტაბით ჩატარებულმა კვლევებმაც. კერძოდ, ბრიკეტის თერმული მედეგობა 1100–1200°C +5 მმ – 99,8%; ბრიკეტის სიმტკიცე თერმულ დარტყმაზე 1100°C-ზე – +5 მმ – 98,1%.

სამრეწველო დნობებისათვის კოქსიანი ბრიკეტები დამზადდა ვალცებიან წნეხზე, რომლის წარმადობა არის 5ტ საათში. მიღებულ ბრიკეტებს აქვთ ოვალური ფორმა, რომლის ზომებია 18×10მმ. ახლადმიღებულ ბრიკეტებს ვაშრობდით ავტომატური მოქმედების მრავალსაფეხურიან ლენტურ ტრანსპორტიორზე 30 წუთის განმავლობაში. გამშრალი ბრიკეტები იყრებოდა სპეციალურად მისთვის განსაზღვრულ ხვიმირაში.

ექსპერიმენტული დნობები ჩატარებულ იქნა 3 ვარიანტად. საცდელ დნობებში გამოყენებული საკაზმე მასალების თითოეული ულუფის შედგენილობა და რაოდენობა დნობის ვარიანტების მიხედვით მოცემულია ცხრილში 5.

**ცხრილი 5. კაზმის ულუფის შედგენილობა დნობის ვარიანტების მიხედვით, კგ**

საკაზმე მასალები	დნობის ვარიანტები		
	I	II	III
	100% კოქსი	70% კოქსი + 30% ბრიკეტი	50% კოქსი + 50% ბრიკეტი
1. მანგანუმის კონცენტრატი	1000	1000	1000
2. წიდა	1500	1500	1500
3. კოქსწვრილა	210	140	100
4. კოქსის ანაცერის ბრიკეტები	–	70	100
5. კირქვა	90	90	90

ექსპერიმენტული დნობების ზოგიერთი ძირითადი ტექნიკური და ტექნოლოგიური მონაცემები დნობის ვარიანტების მიხედვით მოცემულია ცხრილში 6.

**ცხრილი 6. დნობის ძირითადი მახასიათებლები**

მონაცემები	დნობის ვარიანტი		
	1	2	3
დნობების რაოდენობა	36	12	12
დნობების საერთო ხანგრძლივობა, სთ	72	24	24
ლითონის ქიმიური შედგენილობა, %			
<i>Mn</i>	68,0	69,0	68,5
<i>Si</i>	15,0	15,5	15,0
წიდაში <i>Mn</i> , %	15,5	15,0	15,4
საკაზმე მასალების ხარჯი, კგ/ტ			
– მანგანუმის კონცენტრატი	1500	1500	1500
– წიდა	2250	2250	2250
– კოქსწვრილა	315	210	150
– კოქსის ბრიკეტი	–	105	150
– კირქვა	135	135	135
ელ.ენერგიის ხვედრითი ხარჯი კვტ.სთ/ტ	3925	3900	3928
მანგანუმის გადასვლა ლითონში, % მაღნიდან	76,5	77,0	76,0

ჩატარებულმა სამრეწველო, ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ სილიკომანგანუმის გამოსადნობ კაზმში კოქსის მასური წილის შეცვლა იგივე რაოდენობის (30–50%) კოქსის ანაცერზე დამზადებული ბრიკეტებით არ იწვევს დნობის ძირითადი ტექნოლოგიური მაჩვენებლების გაუარესებას. ხოლო თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ კოქსის ანაცერზე დამზადებული ბრიკეტი გაცილებით იაფია ძვირადღირებულ და დეფიციტურ კოქსთან შედარებით, თვალსაჩინო ხდება მისი გამოყენების შედეგად მიღწეული ეკონომიკური ეფექტი.

#### **4.2. მაღალნაცრიანი ნახშირების გამოყენება სილიკომანგანუმის წარმოებაში**

##### **საცდელი სამრეწველო დნობები**

ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის №1 საამქროში, №2 და №6 ღუმელებზე ჩატარებული იქნა სილიკომანგანუმის მიღების საცდელი

სამრეწველო დნობები, სადაც კაზმში კოქსი ნაწილობრივ ჩანაცვლებულ იქნა ტყიბულის ნახშირით.

დნობების შედეგები მოცემულია ცხრილებში 7, 8.

**ცხრილი 7. სილიკომანგანუმის და წიდას საშუალო ქიმიური შემადგენლობა**

დასახელება	ქიმიური შემადგენლობა								
	Mn	Si	SiO <sub>2</sub>	P	C	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	MgO
სულ საშუალო									
ლითონი SiMn	73,8	17,1		0,38	1,7			6,8	
წიდა	12,75								

**ცხრილი 8. სილიკომანგანუმის წარმოების საშუალო მაჩვენებლები და მასალების დანახარჯები**

დასახელება	განზომილება	რაოდენობა
სილიკომანგანუმის წარმოება დღე/დამეში	ტონა	38,24
დანახარჯები ერთ ტონა სილიკომანგანუმის წარმოებაზე (საშუალო)		
კოქსი	კგ	431,29
ნახშირი	კგ	267,78
ელექტროენერგია	კვატ.სთ	5056

საცდელი სამუშაოების პერიოდში ღუმელებს ეწოდებოდა აღმდგენელი, რომელშიც კოქსის და ნახშირის ფარდობითი წილობრივი შემადგენლობა იყო 62/38 (კოქსი 62%–431,29კგ – ნახშირი 38%–267,78კგ). ამ პერიოდში ღუმელი მუშაობდა ნორმალურად, კერძოდ:

- ელექტროდები კაზმში იჯდა საშუალოზე დაბლა;
- ლითონი და წიდა ღუმელიდან გამოდიოდა შეუფერხებლად;
- წიდაში მანგანუმი იყო სტაბილური 12,75%;
- ლითონი ქიმიურად იყო სტანდარტული;
- ელექტროენერგიის ხარჯი არ გაზრდილა.

ამრიგად, სილიკომანგანუმის სადნობ კაზმში კოქსის ჩანაცვლება ტყიბულის ნახშირით თანაფარდობით 60% კოქსი + 40% ნახშირი, მიგვაჩნია ოპტიმალურად და მიზანშეწონილად.

#### **4.3. სილიკომანგანუმში მანგანუმის შემცველობის რეგულირება და ლუმელის წარმადობის გაზრდა ციცხვში ფოლადის ჯართის გამოყენებით**

ამჟამად ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანაში რკინის შემცველი ნედლეულის უქონლობის გამო წარმოებულ სასაქონლო პროდუქციაში გაზრდილია Mn-ის შემცველობა 75–76%–მდე. არსებული კონტრაქტებით სასაქონლო პროდუქციაში Mn-ის შემცველობა უნდა იყოს 65%–დან – 72%–მდე. ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ იქნა ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს ქარხანაში არსებული ჯართის გამოყენებას, რკინის შემცველი ნედლეულის დეფიციტის აღმოფხვრას და კონტრაქტით გათვალისწინებული ქიმიური შემადგენლობის სასაქონლო პროდუქციის მიღებას.

კერძოდ: ლუმელის გამოშვების წინ პირველ ციცხვში ვათავსებთ გარკვეული რაოდენობის ჯართის მასას, რომლის ჩაღობაც ციცხვში მოხდება ლუმელიდან გამოსული შენადნის ტემპერატურით. ჩამღვალი ჯართის მასის ~95%–ის შერევა მოხდება სასაქონლო პროდუქციასთან პირველ ციცხვში, რაც მოგვცემს მიღებული შენადნის რაოდენობის გაზრდას, მანგანუმის და ფოსფორის შემცველობის შემცირებას და რკინის შემცველობის გაზრდას.

გარდა ამისა, რკინის შემცველობის გაზრდა სასაქონლო პროდუქციაში აამაღლებს მის ფიზიკო–მექანიკურ სიმტკიცეს და მისი დამსხვრევისას გარკვეულწილად გაზრდის სასაქონლო პროდუქციის წილს (ანაცერის შემცირების ხარჯზე) 3–4%–ით.

გასათვალისწინებელია, რომ ფოლადის ჯართის ამ მეთოდით (ციცხვში ჩალღობა) გამოყენებაზე არ იხარჯება (მანგანუმშემცველი ნედლეული, კოქსი, ნახშირი, კვარციტი, ელექტროენერგია და სხვა) მასალები, რაც იძლევა ასევე საგრძნობ ეკონომიკურ ეფექტს.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული წინადადებების საფუძველზე ჩატარდა საცდელი-სამრეწველო დნობები ქარხნის №1 საამქროს №2 ღუმელზე (79 დნობა) და №4 საამქროს №27 ღუმელზე (1 დნობა). რკინის შემცველ მასალად გამოყენებული იქნა 25 მმ-ნი მრგვალი რკინის (წარმოებისათვის გამოუსადეგარი) ჯართი, რომელსაც ყოველი გამოშვების წინ ვათავსებდით ციცხვში 450 კგ-დან 600 კგ-მდე, სასაქონლო პროდუქციის ქიმიური ანალიზებიდან გამომდინარე. საცდელ პერიოდში მიღებული იქნა შემდეგი რაოდენობის და შედგენილობის პროდუქცია:

<b>ტონა</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>Fe</b>
360.580	67.2	16.6	0.31	1.6	13.9

მიღებულმა ეკონომიკურმა ეფექტმა საცდელ პერიოდში შეადგინა 59247,53 აშშ დოლარი.



## დასკვნა

1. მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გასაზრდელად, მომხმარებელთან შეთანხმებით, მიზანშეწონილია, რომ გამოდნობილ იქნას სილიკომანგანუმი 65-66% მანგანუმის და 19-20% სილიციუმის შემცველობით, რაც საბოლოო ჯამში მანგანუმის სასარგებლო გამოყენებას ზრდის 7-8%.

2. კაზში ლითონური მდგენელის არსებობის შემთხვევაში უფრო ადვილდება სასარგებლო ელემენტების განსაკუთრებით კი - სილიციუმის აღდგეა. მანგანუმის აღდგენის მაჩვენებელი წილების ხარისხთან დამოკიდებულებით ( $Mn$  საერთო წიდაში = 20-25-30%) შესაბამისად მერყეობს 80,5-82,41-84,2%, სილიციუმისა კი - 42,11-45,60-48,61% ფარგლებში.

3. წილის და ნახშირბადიანი აღმდგენელის ფიზიკო-ქიმიური თვისებების გაუმჯობესება საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ მანგანუმის და სილიციუმის გამოყენება და შევამციროთ მანგანუმის ნედლეულის და დეფიციტური კოქსის ხარჯი.

4. ალუმოსილიკატების გამოყენება კვარციტების მაგივრად აჩქარებს მანგანუმის და სილიციუმის აღდგენის ხარისხს და აუმჯობესებს დნობის ტექნიკო-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. ღუმელის წარმადობა გაიზარდა 7%-ით, მანგანუმის და სილიციუმის ამოკრეფა კი შესაბამისად 4-5 და 5-6%-ით, შემცირდა ელ.ენერგიის ვედრითი ხარჯი 6-7%-ით, ლითონის თვითღირებულებამ 1 ტონა ლითონზე დაიკლო 30 აშშ დოლარით.

5. შემუშავებულ იქნა სილიკომანგანუმის გამოდნობის ეფექტურობის გამოსაანგარიშებელი მეთოდიკა, რომელიც გამოიყენება მადანაღმდგენი ელექტროლუმელების მუშაობის გასაანალიზებლად, ტექნოლოგიური პროცესების მართვისათვის და წარმოების ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლების პროგნოზირებისათვის.

6. მაღალნაცრიანი ნახშირების ელექტროწინაღობების შესწავლით დადგინდა, რომ 400°C ტემპერატურამდე ნახშირები არიან დიელექტრიკები,

ხოლო 400-900°C ტემპერატურებში ელექტროწინალობა მკვეთრად ეცემა, შემდეგ კი შეიმჩნევა წინალობის ნელი ვარდნა.

7. დაბალი ხარისხის მადნებზე დამზადებული მადანახშირიანი ბრიკეტების მაღალი ელექტროწინალობა აიხსნება იმით, რომ კონცენტრატში მანგანუმის რაოდენობის შემცირება ითხოვს შესაბამისად აღმდგენელის რაოდენობის შემცირებას (31-დან 24%-მდე), რაც საბოლოო ჯამში იწვევს ელექტროწინალობის გაზრდას.

8. სილიკომანგანუმის გამოსადნობ კაზმში კოქსის მასური წილის შეცვლა იგივე რაოდენობის (30–50%) კოქსის ანაცერზე დამზადებული ბრიკეტებით არ იწვევს დნობის ძირითადი ტექნოლოგიური მაჩვენებლების (ღუმელის წარმადობა, საკაზმე მასალების და ელექტრო ენერჯის ხვედრითი ხარჯი, ლითონის ქიმიური შედგენილობა, მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება და სხვა) გაუარესებას. ხოლო თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ კოქსის ანაცერზე დამზადებული ბრიკეტი გაცილებით იაფია ძვირადღირებულ და დეფიციტურ კოქსთან შედარებით, თვალსაჩინო ხდება მისი გამოყენების შედეგად მიღწეული ეკონომიკური ეფექტი.

9. სილიკომანგანუმის გამოდნობის ექსპერიმენტულმა დნობებმა აჩვენა, რომ გამოსადნობ კაზმში კოქსის ჩანაცვლება ტყიბულის ნახშირით (მყარ ნახშირბადაზე გადათვლით 75:25) არის ოპტიმალური და მათი ფასების გათვალისწინებით მიზანშეწონილი.

10. შემოთავაზებულია ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს ქარხანაში არსებული ჯართის გამოყენებას უშუალოდ საჩამოსხმო ციხეში ჩადნობის გზით, რაც უზრუნველყოფს შენადნის რაოდენობის გაზრდას, ფოსფორის შემცველობის და ელექტროენერჯის ხარჯის შემცირებას. საერთო ეკონომიკურმა ეფექტმა შეადგინა 59247,53 აშშ დოლარი.

**დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ  
შრომებში**

1. ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე, რ. აბესაძე, ბ. მაისურაძე. სილიკომანგანუმის ოპტიმალური შედგენილობის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდას. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, 2016, #1(499), გვ. 42–47.
2. ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე. სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის გამოკვლევა კაზმში ტუფების გამოყენებით. „კერამიკა“, თბილისი, 2016, #1(35), გვ. 44–45.
3. ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე, რ. აბესაძე. სილიკომანგანუმის გამოდნობა კაზმში საკუთარი წარმოების ნარჩენების გამოყენებით. „ენერჯია“, თბილისი, 2016, #1(77), გვ. 94–101.
4. ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე. სილიკომანგანუმის დნობის პროცესის ოპტიმიზაცია მანგანუმის და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენების გაზრდის მიზნით. „ენერჯია“, თბილისი, 2017, #1(81), გვ. 58–62.
5. ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე, მ. მიქელაძე. სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესში ღუმელის მუშაობის ეფექტურობის შეფასება. „კერამიკა“, თბილისი, 2017, #2(38), გვ. 52–56.

## Abstract

In the present work there are discussed the measures to optimize manganese ferroalloys, in particular silico manganese technology, which ensure increase of useful use of manganese and therefore, rational spending of raw materials and energy resources, which is newsworthy and important due to the deficit of high quality manganese concentrates and constantly increasing of its value.

It is known, that the qualitative indicators of the technique of silicone manganese melting process are mainly characterized by the gathering of lead elements (manganese, silicon) from alloy and their oxide content in the final slag.

In the slags, 23-25% of manganese is lost and that's why manganese useful use does not exceed 75-75% of its electro thermal mining. Therefore, the reduction of manganese losses in the process of electrometallurgical processing is the most important task and requires urgent solutions.

In addition, in terms of increasing the useful use of manganese, it is important to develop rational technologies of ores, concentrates and waste processing, selection of optimal schemes for their preparation and cutting for melting. It is also important to replace scarce, imported and expensive coke and quartzite to local charcoal and aluminosilicates of alkaline metals (tuffs). It is also necessary to keep the geometric and electrical parameters of the furnaces in harmony, which ultimately reduces the electricity cost, increases the quality of manganese utilization and ensures high, competitive techno-economic indicators.

To task the solution in the work, there was examined and studied:

- Physico-chemical basics of silicone manganese melting, technology and main directions of production efficiency increase;
- Optimal composition of silicomanganese, which ensure increased of useful use of manganese;
- Determining the optimal amount of waste to be used in the production of silicomanganese and its impact on the manganese gathering;
- Impact of aluminosilicates of alkaline metals on manganese and silicon restoration processes;
- Possibility to use local, high ash content of Tkibuli Coal and briquette made by coke siftings and determine their optimal number in a smelter charge;
- Technological-economic assessment of processed technologies.

The modern physico-chemical methods of research were used by the author.

Experimental melts were conducted in a 5,0 and 22.5 MVA industrial furnaces.

Based on the scientific and experimental studies we came to the conclusion, that there still is a big reserve to increase the useful use of manganese and silicon and thus reduce the cost price of the product.