

ნანა ხახუტაიშვილი

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

ისტორიის დოქტორი, პროფესორი

Nana Khakhutaishvili

Batumi Shota Rustaveli State University,

PhD in history, professor

DOI: <https://doi.org/10.52340/gmg2023.01.013>

**მეტალურგიული წიდა და მისი მნიშვნელობა ლითონწარმოების ტექნოლოგიების
რეკონსტრუქციის პროცესში**

**Metallurgical Slag and its Importance in the Reconstruction Process
of Metallurgical Technologies**

აბსტრაქტი - უძველესი რკინის მეტალურგიის საკითხების შესწავლისას მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს ის მატერიალური მტკიცებულებები, რომლებიც რკინის საწარმოო სახელოსნოსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზეა წარმოდგენილი: გამოსადნობი ქურა, მადნეული, წიდა, რკინის ლუგვი და სხვ. აღსანიშნავია, რომ ცივი ბერვის ქურებში რკინის მიღების პროცესზე გავლენას ახდენდა მრავალი ფაქტორი, უპირველეს ყოვლისა, მადნის ტიპი, საწვავის ხარისხი, თიხის მახასიათებლები, ღუმელის დიზაინი, ჰაერის მიწოდების მეთოდი, ტემპერატურა, წიდის და ლუგვის ქურიდან ამოღების მეთოდი. ვინაიდან ამ ფაქტორების შესაძლო კომბინაციები საკმაოდ დიდია, შესაბამისად, წიდეები და უძველესი მეტალურგიული წარმოების სხვა ნაშთები ხასიათდება ძალიან დიდი მრავალფეროვნებით. ამიტომ, ოპტიმალური მიდგომა, რომელიც შეიძლება რეკომენდებული იყოს უძველესი მეტალურგიური ძეგლების შესწავლისას, არის მასალების ზუსტი აღწერა, ანალიზი და შეძლებისდაგვარად, მათი კორელაცია (ურთიერთკავშირი /თანაფარდობა) რკინის წარმოების სხვადასხვა ეტაპთან.

უძველესი ლითონწარმოების ტექნოლოგიის რეკონსტრუქციის ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან და ზოგჯერ ერთადერთ წყაროდ განიხილება მეტალურგიული წიდა, რომლის სამეცნიერო პოტენციალი საკმაოდ მაღალია. უცხოურ სამეცნიერო სივრცეში ჩამოყალიბებულია წიდების ყოვლისმომცველი კვლევის პროგრამები, გამოქვეყნებულია ამ მიმართულებით არაერთი სპეციალური ნაშრომი თუ სტატია, სადაც წარმოდგენილია წიდის ტიპები, რომელთა თითოეული სახეობა დაკავშირებულია წარმოების კონკრეტულ ციკლთან (ლითონწარმოებასთან ან მჭედლობასთან), ნაჩვენებია წიდების ინდივიდუალური ფიქსაციისა და გეოსტატისტიკური ანალიზის, ასევე, გეოქიმიური ანალიზის მნიშვნელობა, რაც შესაძლებელს ხდის, შეფასდეს მიღებული რკინის ხარისხი, მოხდეს უძველესი მეტალურგიის საბადოების იდენტიფიცირება და სხვ. სამწუხაროდ, ქართულ სამეცნიერო

ლიტერატურაში ჯერ-ჯერობით არ გვაქვს წარმოდგენილი წიდეების კვლევასთან დაკავშირებული სპეციალური მონოგრაფია ან სტატია, თუმცა ქართული მეტალურგიის შესწავლისადმი მიძღვნილ ზოგიერთ ნაშრომში არის საუბარი წიდეების კვლევაზე. ამდენად, აღნიშნულ სტატიაში ჩვენ შევეცადეთ გვეჩვენებინა წიდეების კვლევის მნიშვნელობა რკინის მეტალურგიული წარმოების რეკონსტრუქციის პროცესში. უცხოელი მეცნიერების გამოცდილებისა და ჩვენი ზოგიერთი დაკვირვების საფუძველზე, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია წარმოვადგინოთ არქეოლოგიურ წიდაში „დაშიფრული“ ძირითადი სამეცნიერო ცოდნა და ამ საწარმოო ნარჩენის ინფორმაციულობის შესაძლებლობა და მნიშვნელობა

საკვანძო სიტყვები - კოლხეთი, უძველესი რკინის მეტალურგია; არქეოლოგიური წიდა.

Abstract - When studying the issues of ancient iron metallurgy, real evidence presented on the monument and its surroundings is of great interest: smelting furnaces, ores, slag, bloom and etc. It is worth noting that the process of iron production in cold blast furnaces was influenced by many factors, first of all, the type of ore, the quality of fuel, the characteristics of clay, the design of the furnace, the method of supplying air, the temperature and the method of removing slag and bloom from the furnace. Because the possible combinations of these factors are very large, slags and other remnants of ancient metallurgical production are characterized by a very large variety. Therefore, the optimal approach that can be recommended when studying monuments of ancient metallurgy is accurate description, analysis of materials and, if possible, their relationship/correlation with various stages of iron production.

Metallurgical slags, whose scientific potential is very high, are considered one of the most valuable and sometimes the only source for the reconstruction of ancient metalworking technologies. In the foreign scientific environment, complex programs of slag research have been developed, a number of special works and articles in this direction have been published, in which types of slag are presented, each of which is connected with a certain production cycle (metallurgical or blacksmithing), the general importance of individual fixation and geostatistical analysis of slag, as well as geochemical analysis, which allows to estimate the quality of the iron obtained, to identify ancient metallurgical deposits, etc. d. Unfortunately, in Georgian scientific literature there is no special monograph or article devoted to the study of slags, although in some works devoted to the study of Georgian metallurgy, the questions of studying slags are considered. Thus, in this article, we tried to demonstrate the importance of slag research in the process of reconstruction of metallurgical production of iron. Based on the experience of foreign scientists and some of our own observations, we consider it appropriate to present the basic scientific knowledge “encrypted” in archaeological slags and the informative potential and importance of this industrial waste.

Keywords: Colchis, Ancient Iron Metallurgy; Archaeological slag.

უძველესი რკინის მეტალურგიის საკითხების შესწავლისას მნიშვნელოვან ინტერესს წარმოადგენს ის მატერიალური მტკიცებულებები, რომლებიც ძეგლსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზეა წარმოდგენილი: გამოსადნობი ქურა, მადნეული, წიდა, რკინის ლუგვი და სხვ. აღსანიშნავია, რომ ცივი ბერვის ქურებში რკინის მიღების პროცესზე გავლენას ახდენდა მრავალი ფაქტორი, უპირველეს ყოვლისა, მადნის ტიპი, საწვავის ხარისხი, თიხის მახასიათებლები, ღუმელის დიზაინი, ჰაერის მიწოდების მეთოდი, ტემპერატურა, წიდის და ლუგვის ქურიდან ამოღების მეთოდი [Tylecote 1976; 1987]. ვინაიდან ამ ფაქტორების შესაძლო კომბინაციები საკმაოდ დიდია, შესაბამისად, წიდები და უძველესი მეტალურგიული წარმოების სხვა ნაშთები ხასიათდება ძალიან დიდი მრავალფეროვნებით. ამიტომ, ოპტიმალური მიდგომა, რომელიც შეიძლება რეკომენდებული იყოს უძველესი მეტალურგიური ძეგლების შესწავლისას, არის მასალების ზუსტი აღწერა, ანალიზი და შეძლებისდაგვარად, მათი კორელაცია (ურთიერთკავშირი/თანაფარდობა) რკინის წარმოების სხვადასხვა ეტაპთან.

უძველესი ლითონწარმოების ტექნოლოგიის რეკონსტრუქციის ერთ-ერთ ყველაზე ღირებულ და ზოგჯერ ერთადერთ წყაროდ განიხილება მეტალურგიული წიდა, რომლის სამეცნიერო პოტენციალი საკმაოდ მაღალია. უცხოურ სამეცნიერო სივრცეში ჩამოყალიბებულია წიდების ყოვლისმომცველი კვლევის პროგრამები, გამოქვეყნებულია ამ მიმართულებით არაერთი სპეციალური ნაშრომი თუ სტატია [Bachmann 1982; Tholander, Blomgren 1985; Crew 2007, 2013; McDonnell 1982;1983; 1991; Piaskowski 1965, 1976; Sperl 1979; 1982; Serneels, Crew 1997], სადაც წარმოდგენილია წიდის ტიპები, რომელთა თითოეული სახეობა დაკავშირებულია წარმოების კონკრეტულ ციკლთან (ლითონწარმოებასთან ან მჭედლობასთან), ნაჩვენებია წიდების ინდივიდუალური ფიქსაციისა და გეოსტატისტიკური ანალიზის, ასევე, გეოქიმიური ანალიზის მნიშვნელობა, რაც შესაძლებელს ხდის, შეფასდეს მიღებული რკინის ხარისხი და მოხდეს უძველესი მეტალურგიის საბადოების იდენტიფიცირება და სხვ. სამწუხაროდ, ჩვენს სამეცნიერო ლიტერატურაში ჯერ-ჯერობით არ გვაქვს წარმოდგენილი წიდების კვლევასთან დაკავშირებული სპეციალური მონოგრაფია ან სტატია, თუმცა ქართული მეტალურგიის შესწავლისადმი მიძღვნილ ზოგიერთ ნაშრომში არის საუბარი წიდების კვლევაზე [Хахуцаишвили 1973; 1977; 1979; 1987; ინანიშვილი და სხვ. 2010:134-150; ინანიშვილი 2014:90-102; Erb-Satullo et al., 2014; 2017; 2019; 2020; და სხვ.], მაგრამ მხოლოდ ნაწილობრივ.

სავარაუდოდ, წიდის ფართო იგნორირება დიდხანს გამოწვეული იყო ამ უნიკალურ წყაროში დამალული სამეცნიერო პოტენციალის მნიშვნელობის ნაწილობრივ უგულვებელყოფით ან გარკვეულწილად არცოდნით. უცხოელი მეცნიერების გამოცდილებისა და ჩვენი ზოგიერთი დაკვირვების საფუძველზე, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია წარმოვადგინოთ არქეოლოგიურ წიდაში „დაშიფრული“ ძირითადი სამეცნიერო ცოდნა და ამ საწარმოო ნარჩენის ინფორმაციულობის შესაძლებლობა და მნიშვნელობა [Водясов, Зайцева 2010:400-403; 2017].

მეტალურგიული ძეგლების აღწერისას ხშირად არ ხდება ისეთი მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მოწოდება, როგორიცაა: წიდის აღმოჩენის კონტექსტი, წიდის მთლიანი წონა

და რაოდენობა, წიდის მორფოლოგია და ტიპოლოგია, ნიმუშების ფოტოფიქსაცია, ლაბორატორიული ანალიზების მონაცემები ინტერპრეტაციით და მრავალი სხვა. მოკლედ განვიხილავთ რკინის წიდის კვლევის თითოეულ ეტაპს და მის მნიშვნელობას.

პირველ რიგში, წიდა, როგორც მეტალურგიული საქმიანობის მთავარი ნარჩენი, პირდაპირ მიუთითებს იმაზე, რომ აქ არსებობდა რკინის გამოსადნობი ან დამამუშავებელი წარმოება [Pleiner 2000:251]. ამავდროულად, წიდის, როგორც ადგილობრივი მეტალურგიის ინდიკატორის როლი ბევრად აღემატება რკინის ლუგვის და რკინის ნივთების აღმოჩენას, რადგან ეს უკანასკნელნი შესაძლებელია, გაცვლის ან შეძენის შედეგად აღმოჩენილიყო მეგლზე, ხოლო წიდის შემოტანა უბრალოდ აზრს მოკლებულია.

უაღრესად მნიშვნელოვანია წიდების აღმოჩენის კონტექსტის დადგენა, რადგან ეს საშუალებას გვაძლევს, განვსაზღვროთ უძველესი წარმოების კონცენტრაცია. ამდენად, წიდების გარკვეულ ტერიტორიაზე თავმოყრა საშუალებას გვაძლევს დაახლოებითი სიზუსტით გავთვალთ უშუალოდ სახელოსნოს ადგილმდებარეობა. წიდები, როგორც წესი, ძირითადად, განლაგებულია მეტალურგიული სახელოსნოს, ქურის მახლობლად, თუმცა შეიძლება უფრო ფართოდაც იყოს განფენილნი. მაგ. ჭოროხის ხეობაში შესწავლილი სახელოსნოს (რომელიც გონიოს ციხესთან მდებარე ბორცვის თავზე იყო დადასტურებული), „ხოფჩო I“-ის წიდები ფართოდ იყო წარმოდგენილი როგორც ბორცვის ფერდობებზე, ასევე, ბორცვის ძირში არსებულ უსახელო დელეში. ეს განსაკუთრებით ეხება მცირე ზომის წიდებს, რომელთა ჩარეცხვა, სავარაუდოდ, ადვილად ხდებოდა დიდი წვიმების ან სხვა პროცესების დროს [ხახუტაიშვილი ნ. 2009]. როგორც ჩანს, ჩვენი გონიერი და პრაქტიკული წინაპრები საგანგებოდ არჩევდნენ სახელოსნოს მოსაწყობად ისეთ ადგილს, რომ ადვილად შეძლებოდათ განთავისუფლებულიყვნენ წარმოების ნარჩენებისაგან.

მნიშვნელოვანია წიდის გეოსტატისტიკური ანალიზი. სასურველია, რომ აღმოჩენილი წიდები არ გადაიყაროს, როგორც ეს ხშირად ხდება, არამედ აიწონოს და გატარდეს საველე დავთარში. თუ არქეოლოგები გადაყრიან წიდის ფრაქციებს, რომლებიც, მათი ვარაუდით, საინტერესო არ არის, ბუნებრივია, ვეღარ შეძლებენ შეაფასონ წარმოების მასშტაბები, ალადგინონ გამოყენებული ცივი ბერვის ქურების მუშაობის რეჟიმი, გამოთვალონ გადამამუშავებული მადნის რაოდენობა და განსაზღვრონ მადნის ნედლეულის ხარისხი (ნარჩენების გადაყრისას, ხშირად წიდასთან ერთად იყრება მადნის ფრაგმენტები, რკინის ლუგვის და ქურის შელესილობის ფრაგმენტები). ბუნებრივია, საუკეთესოა თითოეული წიდის ფრაქციის ინდივიდუალური ფიქსაცია, მაგრამ ეს საკმაოდ რთულია, განსაკუთრებით, თუ ნარჩენების რაოდენობა ასობით კილოგრამს შეადგენს. ჩვენ მიერ გამოყენებული მეთოდი, რომელიც პროფ. დავით ხახუტაიშვილის მეგლზე მუშაობის დიდ გამოცდილებას ეყრდნობა, შემდეგია: ცალ-ცალკე ხდება გადარჩევა წიდებისა და ქურის შელესილობის ფრაგმენტების და ისინი დამოუკიდებელ ბლოკებად ლაგდება, შემდეგ ხდება ამ ბლოკების მოცულობის დადგენა. არც ერთი აღმოჩენილი ფრაგმენტი არ იყრება. ეს საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სახელოსნოს წარმადობა (სურ. 2-3). ამ მეთოდის გამოყენებით, პროფ. დ. ხახუტაიშვილმა, ასევე, დაადგინა, რომ ყოველი ახალი ჩატვირთვის წინ ხდებოდა ქურის შიდა სივრცის თავიდან შელესვა ცეცხლგამძლე თიხით. განსაკუთრებით საინტერესო ფრაგმენტები იგზავნება ლაბორატორიაში ასაწონად და საანალიზოდ.

არქეოლოგიური წიდის წონა შეიძლება მერყეობდეს რამდენიმე გრამიდან რამოდენიმე კილოგრამამდე. ამრიგად, სივრცითი განაწილების ობიექტური სურათის მისაღებად, ინდივიდუალური ფიქსაციის გარდა, უნდა შევიყვანოთ კიდევ ერთი პარამეტრი - თითოეული ნიმუშის წონა. ეს, როგორც აღვნიშნეთ, წარმოების მასშტაბის განსაზღვრის მშვენიერ საშუალებას იძლევა. სპეციალური პროგრამების დახმარებით, შესაძლებელია წიდის კონცენტრაციისა და განფენილობის ზუსტი რუკების შექმნა (სურ. 1).

აღმოჩენილი წიდების წონის მიხედვით შეიძლება გამოვთვალოთ უძველესი წარმოების სავარაუდო ინტენსივობა. მრავალი არქეოლოგიური ექსპერიმენტი აჩვენებს, რომ ცივი ბერვის ქურაში მიღებული რკინის ლუგვი საშუალოდ ჩატვირთული მადნის წონის დაახლოებით 20-25%-ს შეადგენს. მიღებული ლუგვი რკინა, ასევე, შეიცავს დიდი რაოდენობით წიდას, რომლისგანაც ის უნდა განთავისუფლდეს. წიდის გამოსავლიანობა ლუგვი რკინის წონის დაახლოებით 30-35%-ს შეადგენს. ამდენად, ქურაში ჩატვირთული მადნის მთლიანი მასიდან რკინის გამოსავლიანობა საშუალოდ მხოლოდ 6-10%-ია [Wang, Crew 2013:393-401]. წიდის გამოსავლიანობამ ზოგჯერ შეიძლება მიაღწიოს მადნის წონის 50-75%-ს. ექსპერიმენტულმა გამოდნობამ დაადასტურა, რომ 0,5 კგ. რკინის ზოდის მისაღებად უნდა მოხდეს დაახლოებით 8 კგ. მადნის გამოდნობა, რომელშიც წიდის შემადგენლობა 6 კგ-ს აღწევს [Crew 2013:27-54].

მნიშვნელოვანი საკითხია წიდის მორფოლოგიისა და ტიპოლოგიის განსაზღვრა. ცნობილია, რომ არსებობს წიდის ვიზუალური დაყოფა სხვადასხვა ტიპად, რომელთაგან თითოეული ასახავს რკინის წარმოების ან გადამუშავების სპეციფიკურ ციკლს [McDonnell 1982:6-17; 1983:81-83; 1991:23-28; Erb-Satullo et al., 2014, 2017, 2020].

სამწუხაროდ, წიდების აღსაწერად გამოყენებული ქართული ტერმინოლოგია ჯერჯერობით კიდევ დებატების საგანია და ზოგადად მიღებული შეთანხმება ჯერჯერობით არ არის საბოლოოდ შემუშავებული. ამდენად, აღწერისას მივუთითებთ უცხოურ სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებულ ტერმინებსაც. აქვე გვინდა აღვნიშნოთ, რომ ქართულ ეთნოგრაფიულ ყოფაში შემორჩენილია რკინის „დაწურვის“ და „სამჭედლო რკინის“ მიღების პროცესთან დაკავშირებული მრავალი საინტერესო ტერმინი [რეხვიაშვილი 1953; რეხვიაშვილი 1964].

არქეოლოგიური წიდა, ძირითადად, ორი ტიპისაა: მადნის გამოდნობის შედეგად მიღებული წიდა და სამჭედლო წიდა [Rodney, Clough 1986:303; McDonnell 1983:81-83; Pleiner 2000:251-266]. პირველი ტიპის წიდები წარმოიქმნება მადნის დნობის პროცესში და წარმოადგენს რკინის წარმოების უშუალო ინდიკატორს. ეს წიდები თავის მხრივ იყოფა: 1. გამოსაშვების არმქონე ქურის შიდა სივრცეში წარმოქმნილ წიდებად, რომლებიც ხშირად წარმოდგენილია შემდეგი ძირითადი ქვეტიპით: წიდის ბლოკით (მკვრივი წიდა), ქურის ძირის ფორმის წიდის "კვერებით", ამორფული წიდებით, მინისებური წიდები (glassy slags) და 2. გამოსაშვების მქონე ქურის წიდებად, რომლებიც ხასიათდება „ონკანის დენადობის“ ფორმით.

წიდის ბლოკები (slag blocks) წარმოიქმნება ქურის ფსკერზე, ნახშირის ფენაზე და მიუთითებს იმაზე, რომ ღუმელს არ ჰქონდა თხევადი წიდის გამოსაშვები არხი (სურ. 4). ამ

ტიპის წიდეები შეიძლება იწონიდეს რამდენიმე ასეული გრამიდან ათეულ კილოგრამამდე ან მეტს (Pleiner 2000:259). ასეთი წიდეები მნიშვნელოვანი წყაროა ქურის ფსკერის ფორმისა და ზომების აღდგენისთვის, ასევე, სავარაუდო - სახელოსნოს წარმადობის გამოსათვლელად [Pleiner 2000:259-260].

წიდის კიდევ ერთი გავრცელებული ტიპია ქურის ძირის ფორმის "კვერები" (furnace bottoms) [McDonnell 1982:10; McDonnell 1983; Pleiner] „ბრტყელ-ამოზნექილი" ფორმით, ისინი წააგავს "ნამცხვრებს", მაგრამ ბევრად უფრო მასიური და დიდი (სურ. 7).

დნობის პროცესში ქურაში, ასევე, წარმოიქმნება სხვადასხვა ფორმის ამორფული წიდა, რომელიც ხასიათდება დიდი რაოდენობით სივარულით (სურ. 5-6). ასეთ წიდაში ხშირად ჩანს ნახშირისა და ჟანგის კვალი [Paynter et al., 2012. ნახ. 6].

მოგვიანებით, უფრო განვითარებულ ეტაპზე, დნობის პროცესში ხელოსნები იყენებდნენ ღუმელიდან თხევადი წიდის გამოშვების ტექნოლოგიას. ამ შემთხვევაში, წიდა ჩაედინებოდა სპეციალურ ორმოში, რის გამოც ჰქონდა დენადობის დამახასიათებელი, ტალღოვანი ზედაპირი (Tap slag) (სურ. 8). ზოგჯერ, გაცივების შემდეგ, წიდეები ღებულობდნენ გამოსავალი არხის წაგრძელებულ ფორმას [Haymon 2008:102]. ასეთი წიდეების წარმოქმნა ხდებოდა მაღალტემპერატურულ ზონაში და მიუთითებს იმაზე, რომ ღუმელში ტემპერატურა აღემატებოდა 1100 °C-ს [McDonnell 1982:6-17]. ძეგლებზე დასტურდება, ასევე, მინისებური წიდეების არსებობა (სურ. 9).

დამოუკიდებელ ტიპს წარმოადგენს სამჭედლო წიდეები (smithing slag), რომლებიც დაკავშირებულია არა რკინის გამოდნობის ციკლთან, არამედ მიღებული რკინის ლუგვიდან სხვადასხვა ნივთის გამოჭედვის ციკლთან [McDonnell 1991:23-28]. ცნობილი მეცნიერის - რადომირ პლეინერის გადმოცემით, არქეოლოგები ზოგჯერ ურევენ ერთმანეთში რკინის წარმოებისა და რკინის დამუშავების წიდეებს, რადგან მათი გამიჯნვა ზოგჯერ საკმაოდ რთულია [Pleiner 2000:266]. ამდენად, წიდის სახეობების განსაზღვრის გარეშე გაუგებარია, რა არის არქეომეტალურგიული ობიექტის რეალური დანიშნულება. სამჭედლო წიდა გარეგნულად და ზომით მნიშვნელოვნად განსხვავდება და ასახავს სამჭედლო საქმიანობის კონკრეტულ ეტაპს - დაწყებული ლუგვი რკინის დამუშავებიდან მზა პროდუქციის მიღებამდე. როგორც ცნობილია, ლუგვი რკინიდან პირდაპირ ნივთის მიღება შეუძლებელია, რადგან ის შეიცავს დიდი რაოდენობით წიდის ჩანართებს, რომლებიც უნდა გამოიდეინოს სამჭედლო ქურაში ლუგვის მრავალჯერადი გახურების შედეგად [Pleiner 2000:215]. ამ დროს წიდა ჩაედინება ღუმელის ფსკერზე და იღებს ქურის ძირის ფორმას [Pleiner 2000:256]. ინგლისურენოვან ლიტერატურაში ასეთ წიდეებს უწოდებენ plano-convex bottoms ან smithing hearth bottoms [McDonnell 1982:15; Pleiner 2000:255]. სამჭედლო წიდის ერთ-ერთი განმასხვავებელი თვისებაა, რომ ის უფრო მსუბუქია და იწონის საშუალოდ 300-400 გრამს, ზომითაც შედარებით პატარაა და მისი დიამეტრი არ აღემატება 10-15 სმ-ს, ხოლო სისქე - 5 სმ-ს [McDonnell 1982:15; Pleiner 2000:216-217], თუმცა გვხვდება უფრო მცირე - 1-3 სმ ზომის ფრაქციებიც. ასევე, განსხვავდება მისი ქიმიური შემადგენლობა - რკინისა და სილიციუმის თანაფარდობა სამჭედლო წიდაში უფრო მაღალია, ვიდრე რკინის გამოსად-

ნობ წიდაში, ხოლო რკინა ხშირად წარმოდგენილია მაგნეტიტის სახით [Rodney, Clough 1986:88]. ასევე, სამჭედლო წიდეები შეიცავს მეტ დარიშხანს, ნიკელს და კობალტს [Serneels, Crew 1997:78-82]. მიუხედავად ამისა, მხოლოდ გეოქიმიური ანალიზის შედეგების გათვალისწინებით, ნაკლებად სავარაუდოა, რომ შესაძლებელი იყოს წიდის ტიპის ცალსახად დადგენა.

ყურადღება უნდა მიექცეს, ასევე, სამჭედლო მიკროწიდეებს (hammerscale), რომელთაც ხშირად საერთოდ ვერ ამჩნევენ გათხრებისას და უგულვებელყოფენ კვლევისას [McDonnell 1982:5-6]. ისინი შემდეგი სახითაა წარმოდგენილი:

1. „ფანტელებით“, რომლებიც მოგვაგონებენ თევზის ქერცლს, ზომით - 1-3 მმ [Dungworth, Wilkes 2007; McDonnell 1991:23-28]; ასეთი წიდეები წარმოიქმნება ლუგვის ჭედვის და რკინის ნივთების დამზადებისას და მიგვანიშნებს სამჭედლოს რამდენიმე მეტრის რადიუსში არსებობას. ასეთი წიდეები ძალიან მაგნიტურია და მათი შეგროვება შესაძლებელია ჩვეულებრივი მაგნიტის გამოყენებით;

2. პატარა ზომის "ბურთულებით", რომელთა წარმოშობა დაკავშირებულია მზა რკინის საგნების შედუღებასთან [McDonnell 1991:23-28], რაც დასტურდება არქეოლოგიური ექსპერიმენტების დროს [Dungworth, Wilkes 2007]. ამდენად, მიკროწიდეები იმის მაჩვენებელია, რომ წარსულში ოსტატები ფლობდნენ შედუღების ტექნოლოგიას, ხოლო ამ სახის წიდის კონცენტრაცია ყველაზე ზუსტად განსაზღვრავს სამჭედლოს ადგილს, სადაც მჭედელი მუშაობდა.

წიდების შემადგენლობის შესწავლისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ლაბორატორიული კვლევის მეთოდებს, რომელთა სპექტრი საკმაოდ ფართოა [Rodney, Clough 1986:77; Mortimer 1995; . Pleiner 2000:251-252; Rosenqvist 183:129-137]. აღსანიშნავია, რომ წიდის ქიმიურ შემადგენლობაზე გავლენას ახდენს ფაქტორების ერთობლიობა: რკინის მადნის სახე და ხარისხი, ნახშირის ხარისხი, სადნობი ქურის ზომა, ჰაერის მიწოდების სიძლიერე, ტექნოლოგიური ტრადიციები და მრავალი სხვა. ამდენად, წიდეები შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს შემადგენლობით არა მხოლოდ სხვადასხვა, არამედ, ერთ არქეოლოგიურ ობიექტზეც [Rodney, Clough 1986:84]. არქეოლოგიური წიდის შემადგენლობის ცოდნით შესაძლებელია მიღებული პროდუქტის ხარისხის შეფასება.

მოკლედ განვიხილოთ წიდის ძირითადი ელემენტები და მათი თვისებები: ა) წიდის ძირითადი კომპონენტებია რკინა (Fe) და სილიციუმი (SiO₂). ეს კომპონენტები გვხვდება ყველა რკინის საბადოში და რკინის დნობის პროცესში ისინი ნაწილობრივ გადადიან წიდაში. წიდაში ვიუსტიტის (FeO) შემადგენლობა შეიძლება განსხვავდებოდეს 30-დან 70%-მდე, ჰემატიტის (Fe₂O₃) - 0-დან 15%-მდე, სილიციუმის დიოქსიდის (SiO₂) - 15-დან 40%-მდე [Pleiner 2000:252]; ბ) ფოსფორი (P), რომელსაც შეიცავს მადანი და საწვავი, ასევე, ნაწილობრივ გადადის წიდაში [Piaskowski 1976:139-149; Pleiner 2000:265]. ფოსფორის მაღალი შემცველობა (0,18-1%-ზე მეტი) ზრდის ფოლადის სიმტკიცეს და კოროზიის წინააღმდეგობას [Pleiner 2000:265]. რაც უფრო ძლიერია ჰაერის მიწოდება ქურაში და რაც უფრო მაღალია საწვავის მოხმარება, მით ნაკლები ფოსფორი გადადის წიდაში და, შესაბამისად, მეტი - ლითონში [Serneels, Crew 1997:79]. მსგავსი თვისება აქვს დარიშხანს

(As), რომელიც აძლიერებს ფოლადის სიმტკიცეს. ფოლადში მცირე რაოდენობითაც კი (0,05%-მდე) მისი ეფექტი უკვე შესამჩნევია [Crew, Salter 1991:16]. ლითონის დადებით თვისებებზე გავლენას ახდენს მანგანუმიც (Mn), რომელიც მადნიდან წიდაში გადადის. ისიც ზრდის პროდუქტის სიმტკიცეს და დაჭიმვის სიმტკიცეს, ასევე, გავლენას ახდენს ფოლადში გოგირდის შემცირებაზე [Borovský et al., 2012:28]; 3) ნატრიუმის (Na) და კალიუმის (K) არსებობა წიდაში აიხსნება მათი წიდაში გადასვლით საწვავიდან (ნახშირი). ეს ელემენტები მნიშვნელოვნად ზრდის წიდის დნობის წერტილს და გავლენას ახდენს პროცესის მთელ მიმდინარეობაზე [Pleiner 2000:252]. წიდების უმეტესობა შეიცავს კალციუმს (Ca), რომელიც წიდაში ხვდება მადნიდან, ნახშირიდან და ფლუსიდან, თუ ეს უკანასკნელი გამოიყენებოდა; 4) ალუმინი (Al) ხვდება წიდაში მადნიდან, საწვავიდან და, ასევე, კერის თიხის კედლებთან ურთიერთქმედების გამო. უფრო მეტიც, წიდაში ალუმინის და კალიუმის რაოდენობა პირდაპირ კავშირშია საწვავის მოხმარების სიჩქარესთან და წვის ძალასთან [Serneels, Crew 1997:79].

ცნობილია ნაკადების გამოყენების აუცილებლობა წიდის უფრო დიდი სითხის მისაცემად და ნაკლები რკინის დანაკარგისთვის. CaO (ცაცხვი) შემცველი ნაკადების დამატებამ, სხვა საკითხებთან ერთად, შეამცირა მავნე გოგირდის რაოდენობა მზა რკინაში. ზოგჯერ, როდესაც უძველესი მეტალურგები იყენებდნენ ნაკადებს, CaO-ს რაოდენობა წიდაში შეიძლება მიაღწიოს 30%-მდე (Ibid.:255). დიდი ხნის განმავლობაში, მეცნიერები კალციუმის გაზრდილ შემცველობას წიდაში ნაკადების დამატებით ხსნიდნენ, მაგრამ არქეოლოგიური ექსპერიმენტების დროს დადასტურდა, რომ ნახშირს ჯერ კიდევ აქვს უდიდესი გავლენა [Crew 2013: 27-54; Wang, Crew 2013: 393-401].

მეტალურგიულ წიდაში დამალული ძირითადი სამეცნიერო პოტენციალის მიმოხილვის დასასრულს, გვსურს, მოკლედ გამოვყოთ ძირითადი რეკომენდაციები ამ მნიშვნელოვანი წყაროს თავდაპირველი შესწავლისთვის.

1) აუცილებელია გათხრების შედეგად აღმოჩენილი წიდების აღწერა და აწონვა. ეს ხელს შეუწყობს უძველესი წარმოების ინტენსივობის და მასშტაბის დადგენას და წარმოებული ლითონის სავარაუდო მოცულობის განსაზღვრას;

2) აუცილებელია განსხვავებული წიდებისა და შავი მეტალურგიის სხვა მტკიცებულებების ფიქსაცია. ამ ტექნიკის გარეშე შეუძლებელია წიდების წარმოქმნის კონტექსტის გარკვევა;

3) თითოეული შესასწავლი არქეომეტალურგიული ობიექტისთვის საჭიროა წიდების ტიპოლოგია. ეს ხელს შეუწყობს მისი დანიშნულების იდენტიფიცირებას (რკინის გამოდნობა თუ მჭედლობა), ასევე, საჭიროა, განისაზღვროს ქურის სტრუქტურა და დიზაინი, ხელოსნების მიერ გამოყენებული ტექნოლოგიები. წიდის ძირითადი სახეობების ტიპოლოგიის გარეშე (ბრინჯაოს, რკინის) წარმოების ბუნების შესახებ ყველა დასკვნა დაუმტკიცებელი იქნება;

4) აუცილებელია წიდის ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა. გეოქიმიური მეთოდების გამოყენებით ირკვევა მიღებული პროდუქციის ხარისხი, ხორციელდება ქურაში მიმდინარე

პროცესების რეკონსტრუქცია და, ასევე, უძველესი მეტალურგიის საბადოების იდენტიფიცირება.

ბიბლიოგრაფია / Bibliography

ინანიშვილი გ., მაისურაძე ბ., გობეჯიშვილი გ. / Inanishvili G., Maisuradze B., Gobejishvili G.

2010. საქართველოს უძველესი სამთამადნო და მეტალურგიული წარმოება (ძვ.წ. III – I ათასწლეულები), თბილისი.

ინანიშვილი გ. / Inanishvili G.

2014. ქართული მეტალურგიის სათავეებთან (ძვ.წ. IV-I ათასწლეულები), თბილისი.

რეხვიაშვილი ნ. / Rekhthiashvili N.

1953. მჭედლობა რაჭაში, თბილისი.

რეხვიაშვილი ნ. / Rekhthiashvili N.

1964. ქართული ხალხური მეტალურგია (რკინა-მჭედლობა), თბილისი.

ხახუტაიშვილი ნ. / Khakhutaishvili N

2009. ჭოროხის აუზის რკინის საწარმოო კერის კიდევ ერთი სახელოსნო უბანი, კრ. გონიო-აფსაროსი, VIII, ბათუმი.

Bachmann H. / ბაჰმან ნ.

1982. The Identification of Slag from Archaeological Sites. London: Occasional Publication.

Borovský T., Kijac J., Buřko B., Domovec M., Havran J. / ბოროვცკი ტ., ბულკოლ ვ., დომოვეცი მ., ჰავრან ჯ.

2012. The influence of slag composition on the distribution of manganese between slag and metal in the electric furnace, Acta Metallurgical Slovaca. 2012. Vol. 18, No. 1.

Crew P., Salter C. / ქრიუ პ., სოლტერ კ.

1991. Currency Bars with Welded Tips, Bloomery Ironmaking during 2000 years: Seminar in Budalen. Volume III. Trondheim: University of Trondheim.

Crew P. / ქრიუ პ.

2007. CaO enrichment in slags: the influence of fluxing or of fuel ash? Early Ironworking in Europe, II conference, Plas Tan y Bwlch.

Crew P. / ქრიუ პ.

2013. Twenty-five years of bloomery experiments: perspectives and prospects, accidental and experimental Archaeometallurgy, HMS Occasional Publication No. 7. London.

Dungworth D., Wilkes R. / დუნგვორტ დ., უილკს რ.

2007. An investigation of hammer scale, Research Department Report. Series N26.

Erb-Satullo N., Gilmour B., Khakhutaishvili N./ერბ-სატულო ნ., გილმოურ ბ., ხახუტაიშვილი ნ.

2014. Late Bronze and Early Iron Age copper smelting technologies in the South Caucasus: The view from ancient Colchis c. 1500-600 BC, Journal of Archaeological Science, 49.

Erb-Satullo N., Gilmour B., Khakhutaishvili N./ერბ-სატულო ნ., გილმოურ ბ., ხახუტაიშვილი ნ.

2018. The ebb and flow of copper and iron smelting in the South Caucasus, *Radiocarbon*, 60.
- Erb-Satullo N. / ერბ-სატულო ნ.**
2019. The innovation and adoption of iron in the ancient Near East, *Journal of Archaeological Research*, 27, 557-607.
- Erb-Satullo N., Gilmour B., Khakhutaishvili N./ერბ-სატულო ნ., გილმოურ ბ., ხახუტაიშვილი ნ.**
2020. The metal behind the myths: Iron smelting in the southeastern Black Sea region, *Antiquity*, 94, 401-419.
- Mortimer C. / მორტიმერ ს.**
1995. Mortimer C. Chemical analysis of metalwork and metalworking debris. The historical Metallurgy society: Archaeological datasheet № 12. 1995.
- McDonnell J. / მაკდონელ ჯ.**
1982. Smelting and smithing slags. Ancient monuments laboratory. Report 3970.
- McDonnell J. / მაკდონელ ჯ.**
1983. Tap slags and hearth bottoms or how to identify slags, *Current archaeology*. 1983. No. 86.
- McDonell J. / მაკდონელ ჯ.**
1991. A model for the formation of smithing slags // *Materialy archeologiczne XXVI*. Kraków.
- Paynter S., Blakelock E., Hatton G. / პეინტერ ს., ბლეიკლოკ ე., ჰეტონ გ.**
2012. Bloomery iron smelting – experimentation and archaeology // *Plas Tan y Bwlch*. Snowdonia National park. Research report series 25.
- Piaskowski J. / პიასკოვსკი ჯ.**
1965. Classification of the strictures of slag inclusions in early objects made of bloomery iron, *Archaeologia Polona*. Wroclaw; Warszawa; Krakow; Gdansk. Vol. XVII.
- Piaskowski J. / პიასკოვსკი ჯ.**
1976. Correlation between the phosphorus content in iron ore or slag and that in bloomery iron, *Archaeologia Polona*. Wroclaw; Vol. VIII. Warszawa; Krakow.
- Piaskowski J. / პიასკოვსკი ჯ.**
1989. Phosphorus in iron ore and slag, and in bloomery iron, *Archeomaterials* 3. Vol. 3. Pp.47-59.
- Pleiner R. / პლეინერი რ.**
2000. Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters. *Archeologický ústav AVČR*.
- Rosenqvist A. / როზენკვისტ ა.**
1983. Report on chemical and mineralogical analyses of Norwegian ores, slags and iron, *Berichte und Mitteilungen zur Urgeschichte, Fruhgeschichte und Mittelalterarchaologie*. 1983. Band 40.
- Serneels V., Crew P. / სერნილს ვ., კრიუ პ.**
1997. Ore-slag relationships from experimentally smelted bog-iron ore, Early Ironworking in Europe, archaeology and experiment. International Conference Plas Tan y Bwlch.
- Sperl G. / სპერლ გ.**
1979. Comparative studies in early iron slags, *Bergund Huttenmannische Monatshefte* (124).

Tylecote R. / ტილკოტ რ.

1976. Metallurgy in archaeology. London: Edward Arnold (Publishers) LTD, 1962. 387 p.

Tylecote R. / ტილკოტ რ.

1987. The Early History of Metallurgy in Europe

Tholander E., Blomgren S. / თოლანდერ ე., ბლომგრენი ს.

1985. On the classification of ancient slags by microstructure examination, ISKOS, vol. 5, Proceedings of the Third Nordic Conference on the Application of Scientific Methods in Archaeology, Mariehamn, Finland

Wang Q., Crew P. / ვანგ ქ., კრიუ პ.

2013. Three ores, three irons, three knives, The World of Iron. London: publisher by Archetype Books, Columbia, MD., USA

Водясов Е., Зайцева О. / Vodyasov E., Zaitseva O.

2017. Что может рассказать археологу железный шлак, Вестник Томского государственного университета. История. 2017, N 47.

Кожевников Н. / Kozhevnikov N.

2004. Шлаки и другие материальные свидетельства древней металлургии железа, Известия лаборатории древних технологий ИрГТУ, вып. 2, 2004.

Хакхутаишвили Д. / Khakhutaishvili D.

1973. К истории древнеколхидской металлургии железа. В сборнике «Вопросы древней истории», IV, Тбилиси.

Хакхутаишвили Д. / Khakhutaishvili D.

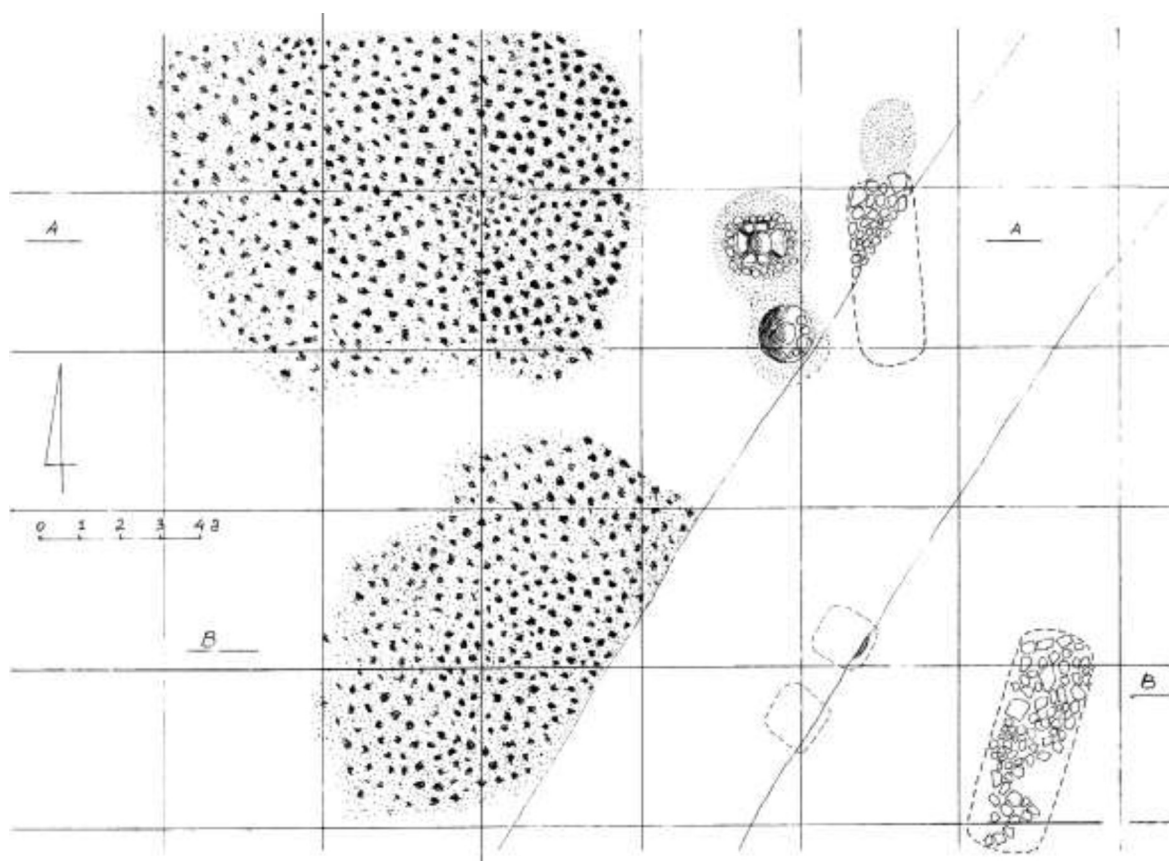
1977. Новооткрытые памятники древнеколхидской металлургии железа. КСИА, 151, Тбилиси.

Хакхутаишвили Д. / Khakhutaishvili D.

1979. Сырьевая база и техника производства железа в древней Колхиде. Сб. „История горной науки и техники“, Тбилиси.

Хакхутаишвили Д. / Khakhutaishvili D.

1987. Производство железа в древней Колхиды, сб. „Мецниереба“, Тбилиси.



სურ. 1. ლითონსაწარმოო სახელოსნო „ხოფჩო 1“ და „ხოფჩო 2“. წილების განფენილობა



სურ. 2. . ლითონსაწარმოო სახელოსნო „ჩაისუბანი“, სახელოსნოს წიდეები და ქურის
შელესილობა დაწყობილი ცალკე ბლოკებად



სურ. 3. ლითონსაწარმოო სახელოსნო „ხოფრო 1“ და „ხოფრო 2“. სახელოსნოს წიდეები და ქურის შელესილობა დაწყობილი ცალკე ბლოკებად.



სურ. 4. მკვრივი წიდა



სურ. 5. ამორფული წიდა



სურ. 6. ამორფული წიდა



სურ. 7. ქურის ძირის ფორმის წიდა



სურ. 8. „ონკანის დენადობის“ ფორმის წიდა



სურ. 9. მინისებური წიდა