

Fecková P., Mihok L. (Košice, Slovakia),
Kotygoroshko V., Prochnenko I. (Uzhgorod, Ukraine)

Iron Smelting Slags Found on Hill-fort Stremtura

Abstract: The paper presents short information about finding place Stremtura - Irshava. From this location two pieces of slag were analysed. The work present results of these analyses and their evaluation. The process of iron smelting in slag pit shaft furnace is presented.

Introduction: Research of economy development levels of ancient inhabitation of the upper Tisza region includes very important tasks related to origin and technology of different crafts (pottery, glass production, metallurgy, smith's trade etc.). One of the most problematic tasks is determination of ferrous metallurgy origin chronology as branch of crafts in north-east part of the Transcarpatnian Ukraine.

Origin of iron smelting technology on the territory is based on numerous researches, connected with Novoklinovo centre and dated to laténe time (Вознесенська, Недопако, Паньков, 1996, с.115). S.I.Penjak, I.I.Popovich and M.F.Potuchnjak (1981, с.300) dated it earlier, to the VIIth – VIth centuries B.C., probably to the VIIth century B.C. (Попович, 2002, с.88). This opinion was supported by discovery of working platform with iron smelting hearths at hill-fort Stremtura (Irshava).

The hill-fort is situated on north-west side of the town Irshava on the 300 m high hill Stremtura. Area of the site is 8 h. It has the form of prolonged oval with east-west orientation of the axis. The length of outer mound was 1200 m. Complementary mound divided the site into two parts: the upper and lower ones (Попович, 2002, с.77). Total excavated area of 800 m² enabled to determine the horizons of site inhabitation: VIIIth – VIIth B.C., Xth – XIth A.D. (Попович, 2002, с.82,88).

Working platform was discovered in the upper part. In excavation III (300 m² by I.I.Popovich) in depth of 0,15 – 0,2 m fragments of ferrous slag conglomerates were found. In the northern part of the excavation a sector was fixed with area of 16 - 18 m², where slagged pieces of rocks were found together with fragments of hearths walls. 30 hearths were found in depth of 0,9 m, their top parts were destroyed. Burned fragments of hearths walls with thickness of 3 – 4 cm, that protruded 0,1 – 0,2 over the original horizon, were also found. Lower part of the hearths was 0,25 – 0,3 m sunken in soil. All hearths had circular ground plot with diameter 0,4 – 0,6 m. They were found very close each other (Попович, 2002, с.82). Bottoms of the hearths were filled with compact layer of charcoal with thickness 0,1 – 0,15 m. Over the charcoal layer pieces of slag with high content of iron were found. Towards the upper part dimensions of slag pieces increased. Such character is demonstrated by section A-A1 through the hearths 9,10,11,16 (Fig.1). Similar information resulted from cleaning of next 24 hearths. Only two hearths, no.28 and no.29, were found in secondary position. They were formed by compact mass resembling truncated cone. The upper part of the cone consisted of slag wastes, the lower one contained fired limonite (Попович, 2002, с.86). Hearth no.28: height – 0,3 m, diameter – 0,4 m; hearth no.29: height – 0,34 m, diameter – 0,45 m. I.I.Popovich (2002, с.86) came to the conclusion, that, based on absence of furnace walls fragments and other features characteristic for furnaces or hearths, both “hearths” on heaps originated from wastes of iron smelting furnaces, from which iron blooms, products of smelting, were removed. The

researcher presented his opinion, that the rest 28 hearths represented unfinished process of iron smelting. He supported his opinion by the fact that the fillings of the hearths represented from technological point of view unfinished working cycle. I.I.Popovich (2002, c.88) added to the iron smelting complex also the object no.1, excavation IV, determined as the furnace for charcoal production.

The working platform found in Stemtura has its analogies in Laténe - Roman sites (Novoklinovo, Djakovo, Holy Cross Mountains), but the researcher insists upon earlier date (VIIth century B.C.), based mainly on ceramic material of excavation, namely stucco pot dated to the VIIth – VIth B.C. (Попович, 2002, с.86). The authors of this paper consider on the basis of their own studies, the “hearths” on big slag cakes found on Stremtura site as remnants of slag pit shaft furnaces for iron smelting, that were typical for Roman period in post-Celtic world (Pleiner, 2000; Mihok, 2006; Mihok et al., 1999).

It is necessary to relate the chronology determination of the working platform with the periods of hill-fort functions. There are three problems to solve. First, the site is multilayered (VIIIth – VIIth B.C., the last centuries B.C. – the first centuries A.D., Xth – XIth A.D.). Second, no attention was paid to construction of furnaces (or hearths). Third, the analysis of technological process was not performed.

The paper presents analysis of slag taken from hearths 28 and 29.

Fig.1 illustrate finding place and plan of working platform on hill-fort Stremtura - Irshava.

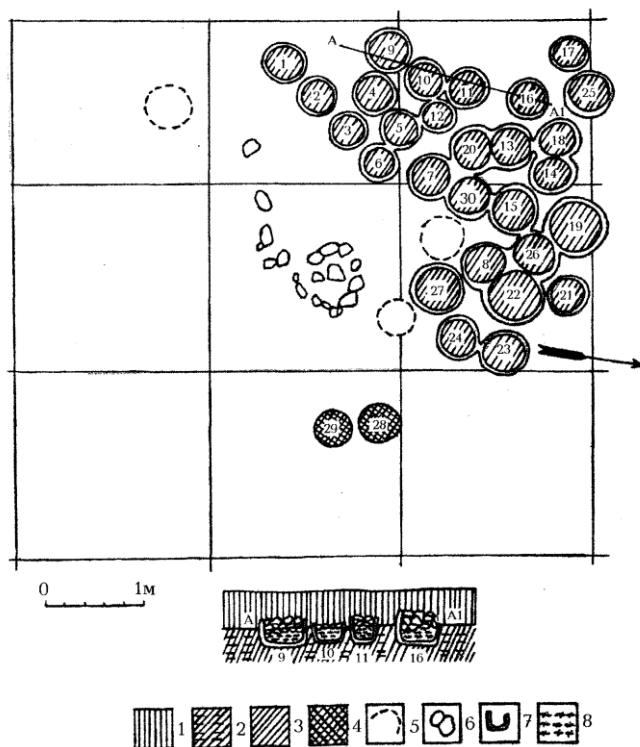


Fig.1. Hill-fort Stremtura - Irshava. Plan of working platform: 1 - humus, 2 - soil, 3 - filling of the hearth, 4 - slag cake, 5 - contours of destroyed hearths, 6 - slag wastes, 7 - walls of hearths, 8 - charcoal (after I.I.Popovich).

Characteristics of the samples: Two pieces of slag, that were found in this location, were selected for analysis.

The slag pit shaft furnace is on the Figure 2 (Pleiner, 2000).

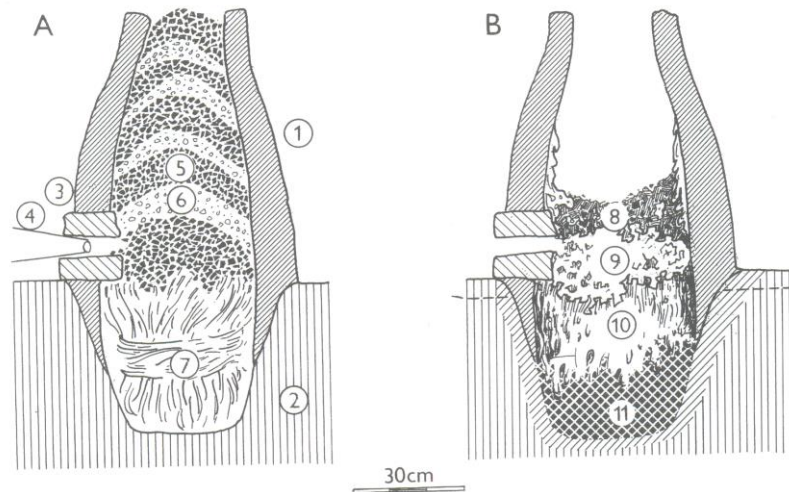


Fig.2. The working of the slag-pit furnace, based on finds and smelting trials. A - Before smelting: 1- shaft, 2 - virgin soil, 3 - tuyere block, 4 - bellows, 5 - charcoal, 6 - iron ore, 7 - straw or brush wood. B - After smelting: 8 - furnace slag, ore residues, charcoal, 9 - iron sponge, 10 - slag bloc in the pit, 11 - charcoal and ash.

Slag pit shaft furnaces were repeatedly used. After finishing the heat, a new slag pit was prepared. The furnace structure, after necessary repairs, was moved and positioned over new, empty slag pit (Mihok, 2006).

The sample 1 had shape of bigger bowl and it was broken on surface, characteristic by many sintered places (Fig.3). The weight of sample was 1380 g. The sample was dark grey coloured with rusty colour on several places and many glossy silver particles. On the surface very porous places were observed.

The sample 2 had bowl shape at the bottom. This sample was grey coloured with rusty places and many pores on the surface (Fig.4). Silver coloured particles were found on the surface. This big piece of slag had weight 1970 g.

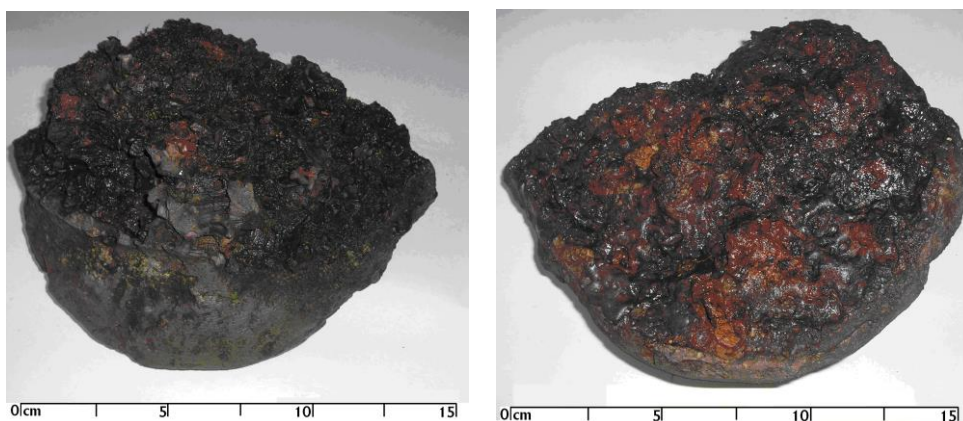


Fig.2. The sample 1.

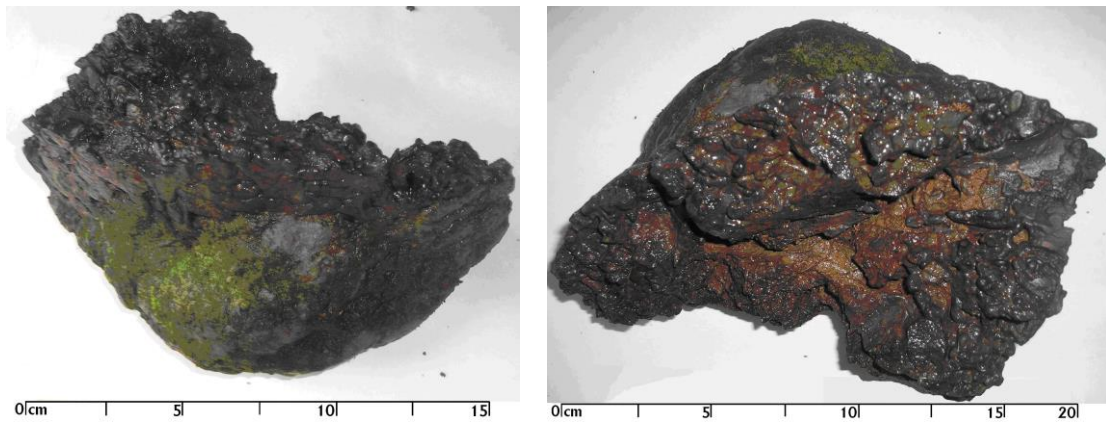


Fig.3. The sample 2.

Analyses of samples: Chemical and microscopic analyses were performed at the samples. To do it, the samples were divided into two parts by diamond saw. The first one, after drilling, was used for classical chemical analysis. Mineralogical surfaces were prepared by grinding and polishing of the second part samples assigned for microscopic analysis. Structural components were observed on mineralogical surfaces under metallographic optic microscope.

Results of chemical analyses of two slag pieces are in Table 1.

Table 1. Chemical analysis of slag samples from hill-fort Stremtura - Irshava.

Samples	SiO ₂ (wt. %)	Fe _{tot.} (wt. %)	CaO (wt. %)	MgO (wt. %)	Al ₂ O ₃ (wt. %)	MnO (wt. %)	FeO (wt. %)	P (wt. %)
1	42,30	27,92	7,28	4,00	0,40	0,25	28,74	0,063
2	43,66	37,92	2,80	3,60	0,81	0,09	41,09	0,056

The sample 1 represented slag from slag pit shaft furnace for iron smelting. Silica content was 42,30% and Fe_{tot.} content was 27,92%. Total iron contents in the samples nearly correspond to FeO contents, i.e. most of iron in the samples is in form of FeO. From the low contents of CaO, MgO and Al₂O₃ followed no additions of slag formers in the processes were made.

The sample 2 represented slag from slag pit shaft furnaces for iron smelting, too. Silica content was 43,66% and Fe_{tot.} content was 37,92%. Low contents of CaO, MgO and Al₂O₃ suggested no additions of slag formers in the processes were made.

Microscopic analysis of sample 1 showed the sample represented slag from slag pit shaft furnace. Silicate matrix and a lot of wüstite Fe_xO dendrites were found in the structure of sample (Fig.4). Silicate structure was composed by components on fayalite 2FeO.SiO₂ and ferrous olivines basis (Fig.5). Structure of sample 2 (Fig.6), was formed by silicate matrix with only a few dendrites of wüstite (Fig.6).

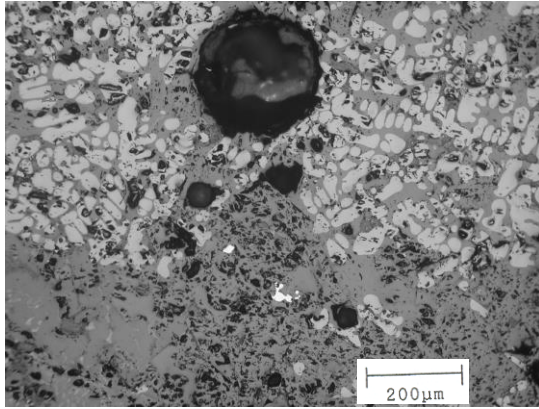


Fig.4. Silicate matrix with wüstite FeO of sample 1.

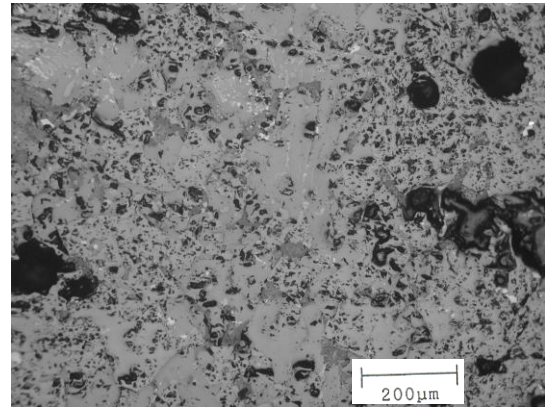


Fig.5. Silicate structure of sample 1.

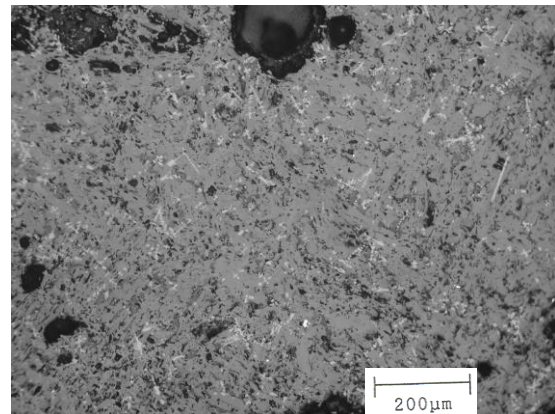
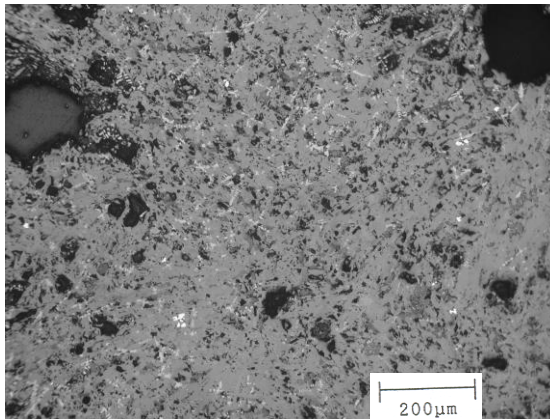


Fig.6. Silicate structure with a few dendrites of wüstite.

Slag pit shaft furnaces in Transcarpathian Ukraine on sites Novoklinovo – Djakovo and Stremtura – Irshava: Archaeologic sites near villages Novoklinovo and Djakovo, Transcarpathian Ukraine, are characteristic by finds of big slag cakes, remnants of slag pit shaft furnaces. High iron contents in slag samples taken from the slag cakes pointed to inefficient reduction process in the furnace, but the iron contents were lower when compared with the slag from older sites. The fact was supported by microscopic observations. Most of analysed slags had structure in which silicate matrix, that consisted of fayalite, iron – calcium olivines and ferrous silicate glass, prevailed (Fig.7) (Mihok, 2006). No olivine layer on shaft building materials from Novoklinovo – Djakovo was found (Mihok, 2006).

Results of chemical analyses of slag pieces on the Novoklinovo are in the Table 2. From chemical analysis results that sample 1 wasn't slag. In this case the sample represented inorganic material with high silica content. Others samples represented slag from low shaft furnace typical by ineffective reduction (Mihok et al., 1999).

Table 2. Chemical analysis of slag samples from Novoklinovo.

Samples	SiO ₂ (wt. %)	Fe _{tot.} (wt. %)	CaO (wt. %)	MgO (wt. %)	Al ₂ O ₃ (wt. %)	MnO (wt. %)	FeO (wt. %)
1	74,26	6,70	3,92	0	3,06	0	0,57
2	27,84	49,14	2,24	0	0,40	0,02	34,90

3	29,94	46,35	2,24	0	1,02	0,02	47,70
4	30,28	50,82	1,68	0	0,40	0,07	50,40
5	43,50	41,32	3,36	0	2,65	0,10	29,30
6	28,10	45,79	5,04	2,8	1,23	1,89	55,32
7	23,92	45,58	2,24	3,2	0	3,77	43,70



Fig.7. Structure of silicate glass.

Conclusions: The work presents metallographic analysis of slag objects from hill-fort Stremtura – Irshava. Results of chemical and microscopic analyses are as follows:

1. Both analyzed pieces of material were slags from slag pit shaft furnace.
2. The samples were typical by less silica contents and higher $Fe_{tot.}$ contents. Low contents of CaO showed no additions of slag formers into the process.

Фечкова П., Мигок Л. (г.Кошице), Котигорошко В., Прохненко И. (г.Ужгород)
Анализ литейных шлаков с городища Стремтура
 (Резюме)

Исследование уровня экономического развития древнего населения Верхнего Потисья предусматривает решение, как ключевых вопросов, времени возникновения и технологии различных ремёсел (гончарного, стеклоделательного, металлургического, кузнечного и т.д.). Одним из наиболее проблемных является определение хронологии зарождения чёрной металлургии, основной отрасли ремесленного производства в северо - восточной части региона.

Овладение технологией литья чёрного металла на данной территории большинство исследователей связывает с Новоклиновским центром, датированным рубежом нашей эры (Вознесенська, Недопако, Паньков, 1996, с.15). Более раннюю датировку предлагают С.И.Пеняк, И.И.Попович, М.Ф.Потушняк (1981, с.306), определяя её в рамках VII – VI вв. до н.э., с попыткой конкретизации VII в. до н.э. (Попович, 2002, с.88). Основанием для данного утверждения послужило обнаружение на городище Стремтура (Иршава) рабочей площадки с железоплавильными горнами.

В связи с этим рассматриваются данные, позволившие поставить вопрос о удревнении как минимум на пол тысячелетия металлургического ремесла Закарпатья.

Городище расположено на северо - западной окраине г.Иршава на горе Стремтура (300 м над уровнем моря). Площадь памятника 8 га. В плане имеет форму вытянутого овала, осью ориентированного по направлению восток - запад. Длина внешнего вала 1200 м. Дополнительным валом городище разделено на две части: верхнюю и нижнюю (Попович, 2002, с.77). Общая вскрытая площадь 800 кв. м позволила установить горизонты заселения памятника: VIII – VII вв. до н.э., X – XI вв. н.э. (Попович, 2002, с.82, 88).

Рабочая площадка обнаружена на территории “верхнего” городища. На раскопе III на глубине 0,15 – 0,2 м от современной поверхности найдены фрагменты железных шлаковых конгломератов. В северной части раскопа зафиксирован участок 16 – 18 кв. м, забутованный ошлакованными кусками породы, среди которых обломки стенок горнов с железной накипью. После расчистки, на глубине 0,9 м, обнаружено 30 горнов. Верхние их части были разрушены. Сохранились прожжённые стенки, толщиной 0,03 – 0,04 м, выступавшие на 0,1 – 0,2 м над уровнем древнего горизонта. Нижняя часть горнов была углублена в материк на 0,25 – 0,3 м. Все горны в плане круглой формы, диаметром от 0,4 до 0,6 м. Размещены плотно один к одному (Попович, 2002, с.82). Нижние части горнов заполнены сплошным слоем угля, толщина которого 0,1 – 0,15 м. Над ним находились мелкие фрагменты ошлакованной губчатой массы со значительным содержанием железа. Кверху размеры железных шлаков увеличивались. Такой характер заполнения чётко прослежен в горнах № 9, 10, 11, 16 – разрез А – А1 (рис.1). Аналогичная картина отмечена во время расчистки 28 горнов. Исключением были два – № 28 и № 29. В отличие от остальных, они находились не на своём первоначальном месте, а представляли сплошную (формы урезанного конуса) массу, верхняя часть которой состояла из шлаковых отходов, а нижняя – сплошной сероглиняной массы спечёного лимонита (Попович, 2002, с.86). Чушка № 28: высота – 0,3 м, диаметр – 0,4 м; чушка № 29: высота – 0,34 м, диаметр – 0,45 м. И.И.Попович (2002, с.86), на основании отсутствия стенок и других признаков, характерных для горнов, сделал вывод, что чушки № 28 и № 29 являются отходами железоплавильных горнов, разобранных после выплавки, а железная кричная масса взята как продукт производства. Исследователь считал, что остальные 28 горнов не дали продукции, аргументируя вывод характером заполнения этих горнов, где все детали технологического процесса фиксируются на стадии незаконченного рабочего цикла. К железоплавильному комплексу И.И.Попович (2002, с.88) отнёс и объект № 1 раскопа IV, определённый как печь углежёга. Яма прямоугольной формы, ориентирована по направлению запад – восток, размеры 1,7 x 1,3 м с закруглёнными углами, углублена в материк на 0,37 м. Стенки прямые, обмазаны глиной и обожжены до красного цвета. Толщина стенок 0,25 м. Печь заполнена сплошным слоем угля.

Приведя аналогии рабочей площадке Стремтуры с памятников латено – римского времени (Новоклиново, Дяково, пункты Свентокжитских гор), исследователь всё же настаивает на более ранней датировке (VII в. до н.э.), выдвигая

как основной аргумент керамический материал раскопа, представленный лепной посудой VII – VI вв. до н.э. (Попович, 2002, с.86).

Хронологическое определение рабочей площадки казалось бы соответствует основному времени функционирования городища. Но. Во-первых, памятник многослойный (VIII – VII вв. до н.э., рубеж н.э., X – XI вв. н.э.), во-вторых, не была принята во внимание конструкция горнов и, в третьих, отсутствует анализ технологического процесса. В связи с приведёнными соображениями считаем необходимым в основу определения культурной принадлежности остатков металлургического производства Стремтуры положить конструкцию горнов, а также анализ шлаков из горнов № 28 и № 29.

Результаты анализа литейных шлаков горнов № 28 и № 29 позволяют говорить, что оба шлака были результатом выплавки металла в шахтовых печах, время которых определяется производством железа в Новоклиново – Дяково и Свентокжикских горах.

References

Вознесенська Г.О., Недопако Д.Н., Паньков С.В. Чорна металургія та металообробка населення Східноєвропейського лісостепу за доби ранніх слов'ян і Київської Русі (друга половина I тис. – перша чверть II тис.). - К., 1996. - 188 с.

Пеняк С.И., Попович И.И., Потушняк М.Ф. Раскопки в Закарпатье // Археологические открытия 1981 года. - М., 1983. - С.306.

Попович І. Нові джерела для вивчення передкуштановицького горизонту пам'яток ранньозалізного віку Закарпаття // Матеріали і дослідження з археології Прикарпаття і Волині. - Львів, 2002. - Вип.8. - С.73-91.

Mihok L. Beginnings of iron smelting in the Central Carpathians region // Metalurgija. Journal of Metallurgy. - Beograd, 2006. - No.2-3. - Vol.12. - P.173-184.

Mihok L., Pribulova A., Fröhlichova M., Kotigorocho V.G. Research of slags from smelting and working of iron from Laténe and Early Roman Age from Upper Tisza region // Study News of Institute of Archaeology. SAS. - 1999. - 33. - P.215-226.

Pleiner R. Iron In Archaeology. The European Bloomery Smelters. - Prague, 2000.