

---

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СПЛАВА ФИБУЛ ИЗ НЕКРОПОЛЯ КАРА-ТАУ

**Юрий Павлович Зайцев**

*Историко-археологический музей-заповедник «Неаполь Скифский», Симферополь, Россия  
skilur46@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6549-0520>*

**Ирина Ивановна Шкрибляк**

*Историко-археологический музей-заповедник «Неаполь Скифский», Симферополь, Россия  
vejde\_v\_l@mail.ru*

**Татьяна Николаевна Смекалова**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия  
tnsmek@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5378-5372>*

**Лев Леонидович Леонов**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия  
lioneldjonson@gmail.com*

**Андрей Николаевич Гаврилюк**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия  
Andrey\_gavr@inbox.ru*

**Сергей Константинович Фридрихсон**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия  
blue.vombat@gmail.com*

**Аннотация.** В статье приводятся результаты изучения состава сплава фибул из некрополя Кара-Тау II в. до н.э. – IV в. н.э. в горном массиве Кубалач в Восточном Крыму. Из полученных данных следует, что латунь впервые появляется только в фибулах с завитком на конце и фибулах с кнопкой на конце приемника, бытующих у варваров крымских предгорьев со второй половины I в. н.э. Тем самым подтверждается высказанное ранее мнение о том, что эти виды фибул, вероятно, следует признать наиболее ранними латунными предметами в варварской среде Крыма.

**Ключевые слова:** Восточный Крым, некрополь Кара-Тау, фибулы, рентгено-флуоресцентный анализ

**Благодарности:** Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-18-00088, <https://rscf.ru/project/23-18-00088/>.

## A STUDY OF THE ALLOY COMPOSITION OF THE BROOCHES FROM THE CEMETERY OF KARA-TAU

**Yurii P. Zaytsev**

*Historical and Archaeological Museum Preserve of Scythian Neapolis, Simferopol, Russia  
skilur46@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6549-0520>*

**Irina I. Shkribliak**

*Historical and Archaeological Museum Preserve of Scythian Neapolis, Simferopol, Russia  
vejde\_v\_l@mail.ru*

**Tatiana N. Smekalova**

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia  
tnsmek@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5378-5372>*

**Lev L. Leonov**

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia  
lioneldjonson@gmail.com*

**Andrei N. Gavriliuk**

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia  
Andrey\_gavr@inbox.ru*

**Sergei K. Fridrikhson**

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia  
blue.vombat@gmail.com*

**Abstract.** This article presents the results of the study of the alloy composition of the brooches excavated at the cemetery of Kara-Tau, which dates from the second century BC to the fourth century AD and was located in the mountain range of Kubalach in the Eastern Crimea. The data obtained shows that brass first appeared only among the brooches with a scroll at the end and the brooches with a knob at the end of the catch-plate, which occurred among the barbarians residing in the Crimean foothill area from the second half of the first century AD on. Therefore, the previous interpretation of the brooches in question as the earliest brass artefacts in the barbarian environment of the Crimea finds an extra argument.

**Keywords:** Eastern Crimea, cemetery of Kara-Tau, brooches, X-ray fluorescence analysis

**Acknowledgements:** This study was funded by the Russian Science Foundation, project no. 23-18-00088, <https://rscf.ru/project/23-18-00088>

В 2016–2018 гг. археологической экспедицией музея-заповедника «Неаполь Скифский» (Симферополь) под руководством Ю. П. Зайцева и И. И. Шкрибляк проводились масштабные археологические разведки и раскопки на территории городища, поселения и грунтового некрополя Кара-Тау у с. Сенное Белогорского района Республики Крым. Исследованы оборонительные сооружения цитадели, разведочными шурфами вскрыты несколько крупных зольников, локальным раскопом изучено ограбленное святилище с богатым вотивным комплексом. Наиболее яркий результат получен в ходе раскопок грунтового некрополя, значительно пострадавшего после ограблений 1990-х и начала 2000-х гг. Анализ рельефа местности показал, что могильник был основан во II в. до н.э. на северных склонах Кара-Тау вдоль грунтовой дороги, которая вела на террасированное поселение. В позднеэллинистическое и римское время площадь некрополя кратно увеличивается, в северо-западной его части появляется аллея каменных склепов с коллективными захоронениями.

Грунтовой могильник отличает богатство и разнообразие погребального инвентаря, среди которого ювелирные украшения, итальянские и малоазийские гончарные импорты, стеклянные сосуды, полихромные украшения. Своеобразной визитной карточкой памятника является обилие самобытной мелкой пластики (в том числе с росписью), имеющей несомненно местное происхождение.

Предварительный анализ археологического материала показывает, что поселение на горе Кара-Тау существовало непрерывно со II в. до н.э. по IV в. н.э.

Металлические предметы, обнаруженные в ходе раскопок, представлены украшениями и аксессуарами одежды: фибулами, пронизьями, бусинами, браслетами, нашивными бляшками, зеркалом и пинцетом.

Целью данной работы является изучение элементного анализа состава сплавов фибул, найденных на территории некрополя, как наиболее показательной в хронологическом отношении категории вещевого инвентаря, выявление особенностей применения того или иного сплава для фибул разных типов и времени изготовления, а также сравнение полученных результатов с данными по составу сплава этих аксессуаров, происходящих из раскопок святилища Кара-Тау [2, с. 10–15].

Исследование состава сплава металлических предметов проводилось с помощью неразрушающего рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре Mistral M1 (Bruker). Для изучения были выбраны 11 элементов: медь (Cu), олово (Sn), свинец (Pb), никель (Ni), цинк (Zn), железо (Fe), серебро (Ag), золото (Au), сурьма (Sb), мышьяк (As) и магний (Mn). В ходе исследования выяснилось, что в составе сплава рассматриваемой выборки отсутствует никель и магний в детектируемых количествах, поэтому эти элементы в итоговую таблицу не вошли. Значения концентрации других элементов ниже порога чувствительности в таблицу не вносились.

Наиболее ранними из рассматриваемой выборки являются две фибулы среднелатенской схемы (рис. 1, 1–2). Их главный признак – проволочный отросток на конце приемника, прикрепленный к корпусу с помощью муфты или завязки. Данные фибулы относятся ко 2-й серии (1 вариант) по В. В. Кропотову и датируются в пределах второй половины II – первой половины I в. до н.э. [4, с. 49–50]. Фибулы этого типа из нашей выборки были изготовлены из оловянной бронзы, причем в самой фибуле олова больше (5–11%), чем в пружине и игле (2–3,5%) (табл. 1, 1, 2). В святилище Кара-Тау фибулы данного типа не встречены.

Четыре фибулы (рис. 1,3–6) относятся к типу лучковых подвязных с верхней тетивой (группа 15, серия 1 по А. К. Амброзу [1, с. 48] или группа 4, серия 1 по В. В. Кропотову [4, с. 68]), которые датируются I в. н.э. Эти фибулы изготовлены из одного куска проволоки. Из представленных фибул лишь одна (рис. 1,6) является целой. У двух других отсутствует либо сломана игла (рис. 1,3,4), частично разогнута спинка (рис. 1,4,5).

Все четыре фибулы сделаны из оловянной бронзы с большим количеством олова (от 16 до 23%) (табл. 1,3–6). Три из исследованных пяти аналогичных фибул из святилища Кара-Тау также сделаны из высокооловянной бронзы, две – выполнены из двухкомпонентной латуни (Zn 7–13%) [2, с. 11–13, табл. 1,16–18].

Небольшая одночленная проволочная смычковая фибула (группа 14 по А. К. Амброзу [1, с. 47]) представлена одним экземпляром (рис. 1,7). Датируются такие фибулы второй половиной I – началом II в. н.э. [4, с. 169]. Спинка данной фибулы была выполнена из оловянно-свинцовой бронзы с высоким содержанием обоих элементов (Sn 31,16%, Pb 26%), а ее пружина – из низкокомпонентного бронзового сплава (Sn 5,56%, Pb 1,26%). Отметим, что в одном месте спинки анализ состава сплава показал очень высокое содержание свинца (Pb 88%) (табл. 1,7). Вероятно, это следы припоя, которым крепились утраченный ныне щиток. По крайней мере, похожее явление мы зафиксировали при исследовании состава сплава фибул из святилища Кара-Тау: двух смычковых фибул и фибулы-броши, в которой застежкой служила также смычковая фибула [2, с. 11–12, табл. 1,3,4].

Следующие две застежки относятся к типу фибул с завитком на конце приемника, причерноморской серии, которые бытовали во второй половине I – II в. н.э. (группа 13 по А. К. Амброзу [1, с. 45–47] или группа 8 по В. В. Кропотову [4, с. 183]) (рис. 1,8–9). Анализ состава сплава данных фибул показал высокое содержание цинка (Zn 8–13%) в двухкомпонентной латуни (табл. 1,8–9). Аналогичный состав имели три из исследованных пяти фибул этого типа из святилища Кара-Тау; две другие были сделаны из высокооловянной бронзы практически без свинца [2, с. 11–13, табл. 1,7–10].

Еще пять застежек (рис. 1,10–14) относятся к фибулам с кнопкой на конце приемника (группа 12 по А. К. Амброзу [1, с. 43–44] или вариант 2 группы 9 по В. В. Кропотову, с небольшой, сильно заглаженной кнопкой, датируемые II в. н.э. [4, с. 209, 212–213]). Четыре фибулы выполнены из двухкомпонентной латуни (Zn 7–17%) и одна – из оловянной бронзы (Sn 23%) (табл. 1,10–14). Примечательно, что у одной из латунных фибул игла – железная (табл. 1,13). Фибулы, найденные в святилище Кара-Тау, демонстрируют такое же соотношение используемых сплавов – три из пяти исследованных экземпляров сделаны из двухкомпонентной латуни (Zn 10–13%), две оставшиеся – из оловянной бронзы с достаточно высоким содержанием олова (14–20%) [2, с. 11–13, табл. 1,11–15].

Наиболее поздними, бытовавшими со II по III вв. н.э., являются две фибулы из категории сложнопрофилированных с бусинами на дужке и проволочной или уплощенной спинкой и пластинчатым приемником с кнопкой на конце (группа 11 по А. К. Амброзу [1, с. 40, табл. 8,7] или 2-й серии по В. В. Кропотову [4, с. 224, 229–231]) (рис. 1,15–16). Одна из фибул (рис. 1,15) сделана из двухкомпонентной латуни (Zn 9,96%), а её пружина – из железа (табл. 1,15). Вторая фибула выполнена из трёхкомпонентной латуни (Zn 5,71%, Sn 2,78%). Две из исследованных фибул из святилища Кара-Тау этого типа сделаны из трёхкомпонентной латуни (Zn 3%, Sn 4–9%) и оловянно-свинцовой бронзы (Pb 1,6–1,8%, Sn 4–9%) [2, с. 11–13, табл. 1,5–6].

Результаты анализа состава сплава 16 фибул из некрополя Кара-Тау, относящихся к периоду второй половины II в. до н.э. – III в. н.э., позволяют проследить некоторые хронологические закономерности в использовании различных сплавов для изготовления фибул разных типов.

Ранние фибулы среднелатенской схемы, второй половины II – первой половины I в. до н.э., лучковые подвязные фибулы с верхней тетивой I в. н.э., смычковые фибулы второй половины I – начала II в. н.э. изготовлены из сплавов, не содержащих цинк. Среднелатенские фибулы демонстрируют наиболее «классический» вариант оловянной бронзы, в которой олова 5–11%. Лучковые фибулы делались из высокооловянной бронзы, возможно, для ими-

тации серебра, так как сплав такого состава давал серебристо-белёсую поверхность при полировке [8, р. 124]. Смычковые фибулы, являвшиеся, фактически, застежкой для украшавших их брошей, носят на спинке следы свинцово-оловянного припоя. Все фибулы сделаны из высококачественных сплавов, не «испорченных» большим количеством свинца.

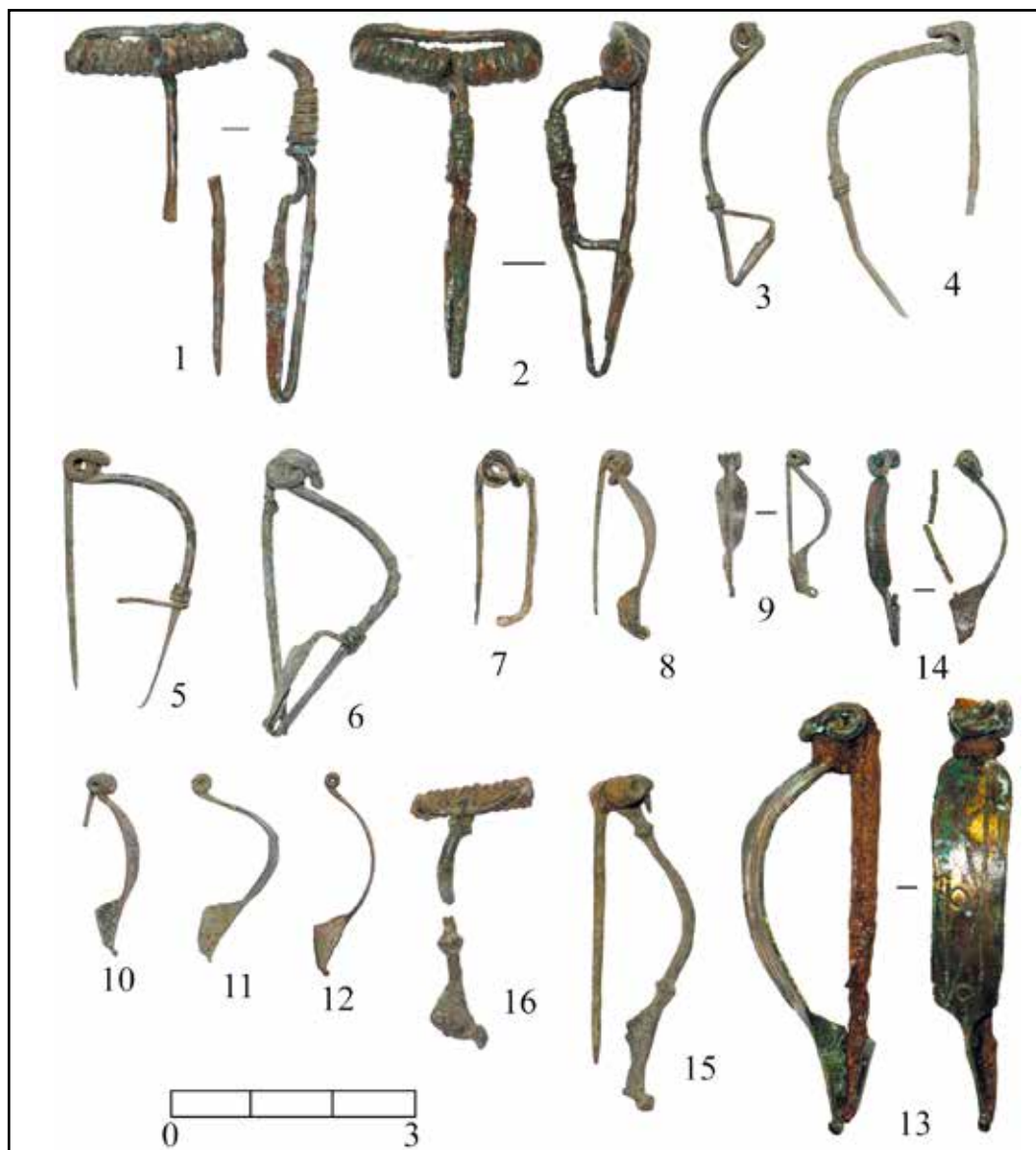
Из проведенного исследования следует, что латунь впервые появляется только в фибулах с завитком на конце и фибулах с кнопкой на конце приемника, бытующих у варваров крымских предгорьев со второй половины I в. н.э. Тем самым подтверждается высказанное ранее мнение о том, что эти виды фибул, вероятно, следует признать наиболее ранними латунными предметами в варварской среде Крыма [2, с. 14–15]. Из латуни также изготавливались и другие украшения: перстни, кольца и браслеты. Наиболее ранние предметы из латуни обнаружены при раскопках могильников Левадки [7, с. 6, табл. 1,1–3], Совхоз-10 [5, табл. 1,1–2] и Лучистое-2 [2, с. 626].

Результаты проведенного исследования существенно пополняют базу данных по эволюции сплавов на территории древнего Крыма.

**Табл. 1.** Элементный состав фибул из некрополя Кара-Тау, в масс. %  
К.О. – номер по коллекционной описи

**Table 1.** Elemental composition of brooches of the cemetery of Kara-Tau, in mass. %  
K.O. – number according to the collection inventory

№	К.О.	Точка измерения	Cu	Zn	Fe	Ag	Pb	Sb	Sn
Фибулы среднелатенской схемы, вторая половина II – первая половина I в. до н.э.									
1	236	спинка	94,88		0,127	0,035	0,21	0,15	4,59
2	257	спинка	87,23		0,48	0,07		0,21	11,70
		пружина	97,35		0,31	0,07		0,19	2,09
		игла	96,02		0,25	0,05		0,15	3,53
Лучковые подвзятые фибулы с верхней тетивой, I в. н.э.									
3	78	спинка	79,06		0,49	0,12	0,25	0,30	19,77
4	79	спинка	65,28		0,88	0,17	0,23	0,67	32,77
5	80	спинка	82,08		0,75		0,15	0,15	16,88
6	93	спинка	79,67		0,45	0,08		0,16	19,64
		пружина	75,86		0,29	0,07	0,08	0,18	23,52
Смычковая фибула, вторая половина I – начало II в. н.э.									
7	73	спинка	41,36	0,11	0,79	0,11	25,95	0,54	31,16
		спинка	5,14		2,00	0,17	88,15	0,32	4,22
		пружина	90,69		1,83	0,19	1,26	0,47	5,56
Фибулы с завитком на конце приемника, вторая половина I – II в. н.э.									
8	72	спинка	86,21	13,42	0,07	0,05		0,25	
		пружина	87,65	11,73	0,18	0,06	0,10	0,24	0,05
9	75	спинка	89,41	10,37	0,10	0,05		0,07	
		пружина	90,99	8,15	0,29	0,06	0,34	0,13	0,04
Фибулы с кнопкой на конце приемника, II в. н.э.									
10	76	спинка	92,07	7,56	0,10	0,08	0,11	0,08	
		пружина	94,22	5,43	0,20	0,09		0,06	
11	77	спинка	76,35		0,39	0,09		0,18	22,99
12	111	спинка	92,46	7,03	0,20	0,05	0,05	0,11	0,07
13	147	спинка	82,15	16,65	0,12	0,06		0,17	0,86
		пружина	85,79	12,35	0,63	0,06		0,18	1,00
		игла	1,06	0,61	98,08	0,05		0,13	0,06
14	167	спинка	94,19	5,36	0,15	0,05	0,10	0,14	
		пружина	85,98	12,71	0,91	0,09	0,09	0,16	0,06
Сложнопрофилированные фибулы с бусиной на дужке, II–III вв. н.э.									
15	74/1	спинка	89,41	9,96	0,15	0,06	0,17	0,26	
		пружина	21,72	4,58	73,09	0,11		0,41	0,09
		игла	92,64	6,62	0,19	0,07		0,32	
16	74/2	спинка	89,26	5,71	0,89	0,18	0,86	0,32	2,78
		пружина	86,38	9,24	1,01	0,15	1,05	0,23	1,94



**Рис. 1.** Фибулы, найденные при исследовании некрополя Кара-Тай в Восточном Крыму  
 1, 2 – фибулы среднелатенской схемы (К.О. 236, 257); 3–6 – лучковые подвязные фибулы  
 с верхней тетивой (К.О. 78–80, 93); 7 – смычковая фибула (К.О. 73); 8–9 – фибулы с завитком  
 на конце приемника (К.О. 72, 75); 10–14 – фибулы с кнопкой на конце приемника (К.О. 76, 77, 111,  
 147, 167); 15–16 – сложнопрофилированные фибулы с бусиной на дужке (К.О. 74/1, 74/2)

**Fig. 1.** The brooches discovered by the researches of the cemetery of Kara-Tau in the Eastern Crimea  
 1, 2 – the brooches showing the Middle La Tène design (collection list 236, 257);  
 3–6 – cross-bow brooches with returned foot and upper string (c. l. 78–80, 93);  
 7 – violin bow brooch (c. l. 73); 8–9 – brooches with a curl at the end of the catch-plate (c. l. 72, 75);  
 10–14 – brooches with a knob at the end of the catch-plate (c. l. 76, 77, 111, 147, 167);  
 15–16 – brooches with an intricate profile and a bulb on the bow (c. l. 74/1, 74/2)

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амброз А.К. Фибулы юга европейской части СССР. М.: Наука, 1966. 142 с.
2. Антипенко А.В., Смекалова Т.Н., Зайцев Ю.П., Шкрибляк И.И., Леонов Л.Л. Рентгено-флуоресцентные исследования элементного состава сплавов фибул из святилища Кара-Тав (Белогорский р-н Республики Крым) // Междисциплинарные исследования объектов культурного наследия естественнонаучными методами. Материалы всероссийской научной конференции. Симферополь, 5–7 октября 2022 г. / Отв. ред. Э.А. Хайрединова, Е.Б. Яцишина. Симферополь: Антиква, 2022. С. 10–15.
3. Гаврилов А.В., Труфанов А.А. Новый античный памятник на горе Кара-Тав у Северных склонов Внешней гряды Крымских гор // Древности Боспора. 2014. Т. 18. С. 126–164.
4. Кропотов В.В. Фибулы сарматской эпохи. Киев: Адеф-Украина, 2010. 384 с.
5. Кропотов В.В., Антипенко А.В. Элементный состав материала фибул из могильника Совхоз 10 (Севастопольский) // XXI Боспорские чтения. Боспор киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Объекты искусства в археологическом контексте / Ред.-сост. В.Н. Зинько, Е.А. Зинько. Симферополь, Керчь, 2020. С. 213–219.
6. Смекалова Т.Н., Антипенко А.В., Лысенко А.В., Мордвинцева В.И., Деваев А.С., Леонов Л.Л., Гаврилиук А.Н., Жильцов Г.С. Феномен использования латуни для изготовления украшений в среде варварского населения Таврики римского времени // Российские нанотехнологии. 2022. Т. 17, вып. 5. С. 631–641.
7. Фридрихсон С.К. Изделия из латуни у поздних скифов Крыма (на примере могильника Левадки) // Сборник тезисов участников V научно-практической конференции «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского». Симферополь, 2019. С. 6–7.
8. Dungworth D.B. Iron Age and Roman copper alloys from northern Britain. Durham theses. Durham University, 1995. Available at: <http://etheses.dur.ac.uk/1024/>

### REFERENCES

1. Ambroz A.K. *Fibuly iuga evropeiskoi chasti SSSR* [Fibulas of the south of the European part of the USSR]. Moscow, Nauka Publ., 1966, 142 p.
2. Antipenko A.V., Smekalova T.N., Zaitsev Iu.P., Shkribliak I.I., Leonov L.L. X-ray fluorescence studies of the elemental composition of brooch alloys from the Kara-Tau sanctuary (Belogorsk district of the Republic of Crimea). E.A. Khairidinova, E.B. Iatsishina (eds.), *Mezhdistsiplinarye issledovaniia ob "ektov kul'turnogo nasledii estestvenno-nauchnymi metodami. Materialy vsrossiiskoi nauchnoi konferentsii. Simferopol', 5–7 oktiabria 2022 g.* [Interdisciplinary research of cultural heritage objects using natural scientific methods. Materials of the All-Russian scientific conference. Simferopol, October 5–7, 2022], Simferopol, Antikva Publ., 2022, pp. 10–15.
3. Gavrilov A.V., Trufanov A.A. A new ancient monument on Mount Kara-Tau near the Northern slopes of the Outer Range of the Crimean Mountains. *Drevnosti Bospora* [Antiquities of Bosphorus], 2014, vol. 18, pp. 126–164.
4. Kropotov V.V. *Fibuly sarmatskoi epokhi* [Fibulae of the Sarmatian era]. Kiev, Adef-Ukraina Publ., 2010, 384 p.
5. Kropotov V.V., Antipenko A.V. Elemental composition of the brooch material from the burial ground of Sovkhoz 10 (Sevastopolsky). V.N. Zin'ko, E.A. Zin'ko (eds.), *XXI Bosporskie chteniia. Bospor kimmeriiskii i varvarkii mir v period antichnosti i srednevekov'ia. Ob"ekty iskusstva v arkhologicheskom kontekste* [21st Bosporan Readings. Cimmerian Bosphorus and the World of Barbarians in Antiquity and the Middle Ages. Objects of art in an archaeological context], Simferopol, Kerch, 2020, pp. 213–219.
6. Smekalova T.N., Antipenko A.V., Lysenko A.V., Mordvintseva V.I., Devaev A.S., Leonov L.L., Gavriluk A.N., Zhil'tsov G.S. The phenomenon of the use of brass for making jewelry among the barbarian population of Taurica in Roman times. *Rossiiskie nanotekhnologii* [Russian nanotechnologies], 2022, T. 17, vol. 5, pp. 631–641.
7. Fridrikhson S.K. Products made of brass from the late Scythians of Crimea (using the example of the Levadki burial ground). *Sbornik tezisev uchastnikov V nauchno-prakticheskoi konferentsii «Dni nauki KFU im. V.I. Vernadskogo»* [Collection of abstracts of participants of the 5th scientific-practical conference “Days of Science of V.I. Vernadsky Crimean Federal University”], Simferopol, 2019, pp. 6–7.
8. Dungworth D.B. *Iron Age and Roman copper alloys from northern Britain*. Durham theses. Durham University, 1995. Available at: <http://etheses.dur.ac.uk/1024/>

*Сведения об авторах*

Зайцев Ю. П. – кандидат исторических наук, директор Историко-археологического музея-заповедника «Неаполь Скифский», AuthorID: 1137684.

Шкрибляк И. И. – заместитель директора Историко-археологического музея-заповедника «Неаполь Скифский», AuthorID: 1186302.

Смекалова Т. Н. – доктор исторических наук, заведующий отделом естественно-научных методов в археологии НИЦ истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, Researcher ID: R-3665-2016, Scopus: 6508163460, AuthorID: 71940.

Леонов Л. Л. – аспирант Института археологии РАН; младший научный сотрудник отдела естественно-научных методов в археологии НИЦ истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

Гаврилюк А. Н. – лаборант-исследователь НИЦ истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, AuthorID: 1101820.

Фридрихсон С. К. – лаборант-исследователь НИЦ истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

*Authors information*

Zaytsev Yu. P. – Candidate of Sciences (History), Director of the Historical and Archaeological Museum-Reserve “Scythian Neapolis”.

Shkribliak I. I. – Vice Director of the Historical and Archaeological Museum-Reserve “Scythian Neapolis”.

Smekalova T. N. – Doctor of Science (History), Head of the Department of natural science methods in archaeology at the History and Archaeology of the Crimea Research Centre of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Researcher ID: R-3665-2016, Scopus: 6508163460.

Leonov L. L. – PhD student at the Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences; Junior Researcher at the History and Archaeology of the Crimea Research Centre of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

Gavriliuk A. N. – Research assistant of the Department of natural science methods in archaeology at the History and Archaeology of the Crimea Research Centre of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

Fridrikhson S. K. – Research assistant of the Department of natural science methods in archaeology of Crimea at the History and Archaeology of the Crimea Research Centre of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University.