

**Юрій БУЛАХ**

# **СКЛАД СПЛАВІВ КОШТОВНОСТЕЙ СКІФСЬКОГО ТА САРМАТСЬКОГО ПЕРІОДІВ**

*Проаналізовано особливості складу сплавів золота в ювелірних виробках скіфського та сарматського періодів. Проведено порівняльний аналіз хімічного складу сплавів із метою визначення спільних і відмінних матеріалознавчих ознак виробів як критеріїв справжності.*

---

© Юрій Булах, 2012

*Ключові слова:* коштовності, хімічний склад, неоднорідність, критерій автентичності, мідно-срібно-золота вісь.

Результати досліджень старовинних виробів із золота, проведених відомими фахівцями в цій галузі Т. М. Артюх, Н. Д. Дроною, О. І. Мінжуліним та ін., свідчать про те, що хімічний склад є одним із найбільш об'єктивних критеріїв їхньої автентичності [1–5]. Протягом останніх десятиліть зроблено значний внесок у розвиток методів хімічного аналізу ювелірного антикваріату, встановлено низку закономірностей у розподілі хімічних елементів у золотих сплавах виробів різних хронологічних періодів. Однак недостатньо вивченим залишається питання матеріалознавчих відмінностей ювелірних виробів скіфського й сарматського періодів, оскільки значна їх кількість стилістично схожа, що й ускладнює ідентифікацію та оцінку справжності. Із огляду на це, єдиним найбільш достовірним способом підтвердження автентичності є порівняльний аналіз хімічного складу.

Мета дослідження – порівняльний аналіз хімічного складу виробів скіфського й сарматського періодів для їх ідентифікації та підтвердження автентичності.

Із використанням рентгенофлуоресцентного аналізу (РФА) в тонких шарах встановлено, що вміст золота в сплавах виробів скіфського періоду варіює від 30 до 70 %. Високий вміст золота в сплаві пояснюється тим, що вже в IV ст. до н. е. грецькі майстри були здатні збагатити золото до досить високої чистоти за допомогою процесів розділення й амальгамування. Враховуючи те, що виробити золотий сплав на той час легуванням міддю та сріблом було набагато складніше, ніж отримати чисте золото, тому, ймовірно, використовували як високопробне збагачене золото, так і природні сплави золота (до 70 %), що містять срібло та інші споріднені компоненти.

Результати дослідження скіфських прикрас вказують на використання подібних за складом сплавів, можливо, з природного мінералу на основі золота або чистого (самородного) золота. Природних сплавів золота встановлено близько чотирьох десятків. Вони мають певний хімічний склад. І той факт, що самородне в природі трапляється надзвичайно рідко, підтверджує, що ймовірний склад дорогоцінного сплаву скіфських виробів має також певні обмеження, якщо цей склад не легований.

Окрім золота, основними компонентами сплаву всіх дослідних виробів є срібло та мідь, які разом утворюють мідно-срібно-золоту (Au–Ag–Cu) вісь – стабільну асоціацію (геохімічна тріада елементів), яка бере участь у всіх циклах ендегенної міграції золота. Однак мідь і срібло відрізняються від золота деякими властивостями, тому їхня поведінка в природних процесах є іншою [6].

Деякі супутні золоту елементи теж утворюють у ньому домішки, але склад і концентрація їх менш постійні. Ступінь постійності

елементів-супутників золота зменшується в напрямі:  $\text{Ag} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Te} (\text{Se}) \rightarrow \text{Hg} \rightarrow \text{Sb} \rightarrow \text{Bi} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Pt} \rightarrow \text{Mn}$  [6]. Такий ряд дещо ідеалізований, адже в кожному золотоносному регіоні своя специфіка процесів міграції й випадання золота. У тій чи іншій кількості срібло майже завжди супроводжує золото. Наприклад, у малоглибинному золоті вміст срібла становить 30–40, а в глибинному – 5–15 %. Концентрації хімічних елементів, зокрема Ni, Pd, Pt, пов'язані з магмами основного складу переважно мантійного походження, і в складі природного золота зустрічаються досить рідко.

Отже, присутність того чи іншого хімічного елемента в складі сплаву золота пов'язана з високою ймовірністю його занесення під час плавлення (у малих частках) або легування. Результати дослідження вказують, що мідь у більшості зразків не є сингенетичною з самородним золотом, а занесена в нього під час вилучення з руди, де могли бути мінерали олова й міді. У природі зустрічається мідисте золото (вміст міді до 4.6 % і більше), в Україні – це розсипища Донбасу й кристалічні породи Придніпров'я та Побужжя [1]. Однак для нього властива виразна обернена залежність між вмістом срібла й міді, що не було підтверджено дослідженнями. Натомість, при аналізі їх розподілу в сплавах скіфських пластин-аплікацій геометричного стилю визначено майже пряму залежність між концентрацією цих елементів у виробах із золота проб 400–500 (рис. 1).

Встановлено, що срібло, а не мідь, на відміну від сучасних сплавів, є після золота другим за питомою вагою компонентом. Крім того, всі скіфські золоті вироби виявили флуктуації складу сплаву в аналізованих точках, тобто дослідні ювелірні вироби неоднорідні за складом.

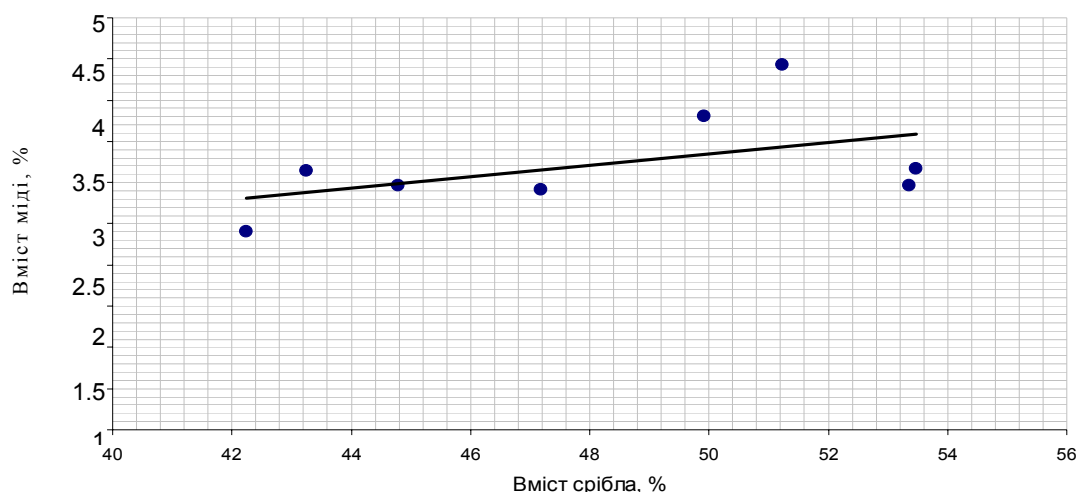


Рис. 1. Розподіл срібла й міді в золотих скіфських прикрасах

У деяких зразках (незалежно від методу їх виготовлення) зміна концентрації золота та срібла в різних точках коливається від 1 до 20 % (рис. 2).

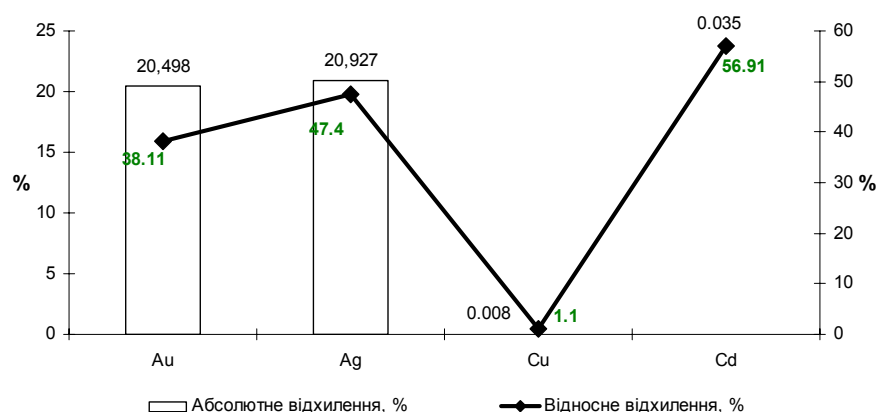


Рис. 2. Неоднорідність хімічного складу сплаву пластини "Грифон" (Музей історичних коштовностей України, АЗС-1640) [7]

У середньому найбільша неоднорідність по золоту й сріблу, яка визначена за показниками середньоквадратичного відхилення, розмаху варіації та дисперсії [8], характерна для дослідних скіфських пластин-аплікацій звіриноного стилю проб 330–400 і 500–600 (табл. 1).

Таблиця 1

#### Хімічний склад проб сплавів золота у скіфських прикрасах

Основні компоненти та домішки в сплавах	Середня концентрація, %	Розмах варіації, %	Дисперсія
Проба 330–400			
Золото	35.18±3.79	9.23	16.013
Срібло	57.77±4.29	10.28	19.583
Мідь	2.56±0.56	1.34	0.403
Платина	2.05±0.31	0.48	0.157
Кадмій	1.47±0.32	0.81	0.109
Проба 400–500			
Золото	45.64±0.85	1.97	1.152
Срібло	48.17±0.69	1.58	0.851
Мідь	3.43±0.34	0.75	0.248
Платина	1.88±0.05	0.12	0.004
Кадмій	0.47±0.06	0.14	0.008
Проба 500–600			
Золото	52.70±5.14	10.75	45.460
Срібло	42.87±5.23	11.36	46.865
Мідь	2.43±0.05	0.10	0.003
Платина	1.65±0.14	0.32	0.021
Кадмій	0.19±0.03	0.06	0.001
Проба 600–700			
Золото	65.59±0.86	1.71	0.731
Срібло	32.18±1.01	2.02	1.020
Мідь	0.40±0	0	0
Платина	1.75±0.10	0.19	0.009
Кадмій	0.02±0.01	0.01	0.00003

Найбільш характерними домішками для сплавів золота у скіфських прикрасах є платина та кадмій: і чим вища проба, тим вміст цих домішок значно менший. Кадмій, який застосовувався з 1871 р., містився в сплавах самородного золота, а не в чистому вигляді, й дещо знижував температуру плавлення останнього [1]. Платину використовували як ювелірний метал ще в Стародавньому Єгипті. Єгиптяни завезли самородне золото із вкрапленнями платини з королівства Нубія в XII ст. до н. е. [2]. Найімовірніше, що в такому ж вигляді платина потрапляла до складу золотих сплавів і в скіфських ювелірних прикрасах.

Отже, більшість дослідних зразків є сплавами, які отримано під час плавлення низькопробного природного золота (V–IV ст. до н. е.) і не містять легуючих компонентів. Відмінність полягає лише в їхньому стилістичному оформленні.

Важливою відмінністю виробів сарматського періоду є значна однорідність золотих сплавів. Середній розмах варіації щодо показника вмісту золота в дослідних прикрасах 800–900 проб склав лише 5.12 %, що вдвічі менше, ніж у скіфських виробках, а максимальна неоднорідність сплаву щодо вмісту срібла становила лише 3.36 %. Проба золота сарматських прикрас варіює від 600 до 950, тобто низькопробні ювелірні вироби у сарматів не виготовлялися (табл. 2).

Таблиця 2

**Хімічний склад проб сплавів золота в сарматських прикрасах**

Основні компоненти та домішки у сплавах	Середня концентрація, %	Розмах варіації, %	Дисперсія
Проба 600–700			
Золото	65.19±0.50	1.16	0.406
Срібло	28.31±0.57	1.30	0.541
Мідь	4.03±0.17	0.39	0.042
Платина	2.30±0.06	0.14	0.005
Залізо	0.13±0.06	0.18	0.004
Проба 700–800			
Золото	72.25±1.21	3.07	3.351
Срібло	19.62±0.91	2.34	1.787
Мідь	1.97±0.39	0.97	0.513
Платина	3.76±0.31	0.78	0.143
Залізо	0.26±0.17	0.39	0.051
Проба 800–900			
Золото	85.87±1.84	5.12	12.394
Срібло	9.23±1.52	3.36	12.139
Мідь	1.34±0.32	0.97	0.340
Платина	3.66±0.49	1.26	0.386
Залізо	0.33±0.52	1.78	1.364
Проба 900–950			
Золото	92.25±1.15	2.77	1.894
Срібло	4.07±0.59	1.42	0.796
Мідь	1.95±0.56	1.36	0.458
Платина	0.65±0.21	0.48	0.042
Залізо	0	–	–

Елементами-домішками, крім основних (платини й заліза), також є, %: олово (0.1–0.2), нікель (0.1), марганець (0.7), свинець (0.2), цирконій (0.1), вміст яких суттєво відрізняється не лише від низькопробних золотих сплавів, а й від сучасних модифікованих. Це вказує на можливість використання їх як індикаторів для підтвердження чіткого хронологічного періоду й автентичності.

Наявність ознак, що характеризують подібний вміст стародавнього золота в сплавах, вказує: *по-перше*, на використання єдиної технології отримання металевого сплаву в сарматський період на одній території; *по-друге*, на одне джерело або різні джерела, які не відрізняються один від одного; *по-третє*, на відсутність домішок металевого лому (кольорових металів).

Таким чином, вироби сарматського періоду, на відміну від скіфських, виготовлено з більш високопробного й очищеного золота. Перші характеризуються меншим ступенем неоднорідності основних елементів і домішок у сплаві. Спільним для виробів обох періодів є залежність хімічного складу від ступеня афінажу сировини. Вміст срібла та міді обумовлений природним походженням у скіфських виробках, а також пов'язаний з частковим легуванням у виробках сарматського періоду. Дослідженнями доведено, що саме хімічний склад сплавів золота старовинних коштовностей є надійним критерієм їхньої автентичності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Артюх Т. М.* Товарознавча експертиза ювелірних коштовностей. Теорія і практика : моногр. / Т. М. Артюх. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2005. — 303 с.
2. *Дронова Н. Д.* Ювелирные изделия / Н. Д. Дронова. — М. : Изд. дом "Ювелир", 1996. — 352 с.
3. *Мінжулін О. І.* Реставрація творів з металу / О. І. Мінжулін. — К. : Лібра, 2000. — 227 с.
4. *Ogden J.* Ancient Jewellery: Interpreting The Past / J. Ogden. — University of California Press / British Museum, 1996. — 64 p.
5. *Косолапов А. И.* Некоторые аспекты экспертизы исторического металла / А. И. Косолапов / Сб. материалов по экспертизе художественных произведений — М. : Центрполиграф, 1995. — С. 137—141.
6. *Петровская Н. В.* Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса) / Н. В. Петровская. — М. : Наука, 1973. — 347 с.
7. *Bulakh I.* Research of the chemical compound in cultural values' gold alloys / I. Bulakh : mater. of intern. confer. ["Miody towaroznawca"], (Poznan, 15—16 may 2009 / Poznan University of Economics. — Poznan : Poznan University of Economics, 2009. — P. 36—39.
8. *Кобзарь А. И.* Прикладная математическая статистика / А. И. Кобзарь. — М. : Физматлит, 2006. — 816 с.

Стаття надійшла до редакції 31.08.2012.

**Булах Ю.** *Состав сплавов драгоценностей скифского и сарматского периодов.* Рассмотрены особенности химического состава сплавов золота в ювелирных изделиях скифского и сарматского периодов. Проведен сравнительный анализ химического состава с целью определения общих и отличительных материаловедческих признаков изделий как критериев подлинности.

*Ключевые слова:* драгоценности, химический состав, неоднородность, критерий аутентичности, медно-серебряно-золотая ось.

**Bulakh Y.** *Composition of the alloys in jewelry of the Scythian and Sarmatian periods.* Nowadays the question of material-science differences between antique jewelry of Scythian and Sarmatian period remains understudied, as a large number of them are stylistically similar, complicating their identification and assessment of authenticity. Thus the most reliable way to confirm the authenticity is a comparative analysis of chemical composition.

Results of researching jewelry of the Scythian and Sarmatian periods jewelry indicate usage of alloys similar in composition, possibly natural mineral-based or gold-nuggets ones. About four dozen natural alloys of gold have been found. They have a definite chemical composition, and the fact that pure gold (native) in nature is extremely rare, confirms that the likely composition of the precious Scythian alloys has certain limitations, if composition is not doped.

There are base components of the alloy in researched goods. Except gold, they are silver and copper, which together form a copper-gold-silver-gold (Au-Ag-Cu) axis – a stable association (geochemical triad elements), which is involved in all cycles of endogenous gold migration. However, copper and silver differ from some of gold properties because of another behavior of natural processes.

Using X-ray fluorescence analysis in thin bowls we have found that content of gold in alloys of Scythian period goods varies from 30 to 70 %, goods of Sarmatian period – from 60 to 95 %. An important distinction between Sarmatian period goods is considerable homogeneity of alloys. We have found that silver, not copper, as opposed to modern alloys, is the second largest component after gold. The most typical impurities to gold alloys in Scythian jewelry are platinum and cadmium, and in Sarmatian jewelry – platinum and iron. With the increase of purity contents of these impurities is reduced.

Signs that characterize similar content of antique gold points: first, the use of a single technology of metal alloys in the same area in the Sarmatian period; secondly, one source or sources that do not differ from each other; thirdly, the absence of impurities scrap (ferrous metals).

Thus, the Sarmatian period goods, in contrast to the Scythian, are made of high-grade and more refined gold. The first are less heterogeneous in basic elements and impurities in the alloy. Dependence of the chemical composition on raw materials depuration is common to both periods goods. Content of silver and copper is due to the natural occurrence in Scythian goods, and due to the partial doping goods of the Sarmatian period. Research has shown that chemical composition of antique jewelry gold alloys is a reliable measure of its authenticity.

*Key words:* jewelry, chemical compound, heterogeneity, criterion of authenticity, copper-silver-gold axis.