

УДК

Артюх Т. М., докт. техн. наук, проф. (КНТЕУ, Київ)  
Чернишова А.С. (ДонНУЕТ, Донецьк)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛЕГУЮЧОЇ КОМПОНЕНТИ БІЛОГО ЗОЛОТА НА ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕЧНІСТЬ ОСОБИСТИХ ПРИКРАС

*На підставі аналізу результатів створення експериментальних сплавів білого золота вітчизняними підприємствами був проведений аналітичний огляд технологічних, споживних та інших властивостей новостворених сплавів з метою їх використання у виробництві ювелірних виробів; наведено особливості впливу легуючих компонентів сплаву білого золота на організм та почуття людини. Надані рекомендації щодо особливостей використання дорогоцінного сплаву білого золота у виготовленні товарів масового попиту – особистих ювелірних прикрасах.*

**Ключові слова:** біле золото, ювелірні прикраси, дорогоцінні сплави, якість, безпечність, легуючі компоненти

В останні роки питання якості товарів постійно турбує як споживачів так і науковців, що працюють над вдосконаленням продукції котра потрапляє на вітчизняний ринок. Якісний товар – це своєрідний еталон та гарант нашого безпечного життя.

Згідно з цим, на сучасному етапі проблеми якості ювелірних прикрас, зокрема з білого золота, є найбільш актуальними в ювелірній галузі. Це пов'язано зі зростанням попиту на особисті ювелірні прикраси вітчизняного та закордонного виробництва зі сплавів білого золота. Пояснюється це тим, що закордонні відомі ювелірні фірми створюють свої модні колекції саме з золотого дорогоцінного сплаву білого кольору, а українські споживачі ювелірних товарів, слідуючи європейським традиціям, все більше звертаються до використання виробів з цих сучасних сплавів, які підкреслюють красу та вишуканість виробу, а будь-який дорогоцінний камінь в оправі з білого золота виглядає аристократично та не втрачає своєї індивідуальності.

В нашій країні для багатьох споживачів якість виробів з золота визначається пробою металу та його кольором. При цьому, мало хто з них замислюється над тим, що входить до складу сплаву ювелірної прикраси, і як склад цього сплаву буде впливати на безпечність та надійність ювелірного виробу.

У зв'язку зі світовими тенденціями підвищення рентабельності сировини, що застосовується при виробництві ювелірних виробів різноманітного призначення, передбачається широке використання та подальше впровадження хімічних елементів, що схожі за своєю кристалічною будовою, але мають низькі показники енергоємності, температури плавлення та інші властивості, у виробництві ювелірних виробів як з дорогоцінних так і недорогоцінних сплавів. Проте такі елементи не завжди є безпечними.

Таким чином, метою нашого дослідження є вивчення впливу лігатурних елементів на якість та безпечність особистих прикрас з дорогоцінного сплаву білого золота.

В Україні дослідження якості та безпечності виробів з дорогоцінних металів перебувають на початковій стадії [1, 2]. Проте зацікавленість цими проблемами міжнародного співтовариства значно більша. Серед зарубіжних науковців найбільш відомі M. Thompson, Christopher W. Corti, S. Henderson, D. Manchanda, Row Rushforth та інші [6, 7, 8].

Біле золото – ювелірний матеріал, сплав золота з іншими компонентами (паладієм, сріблом, нікелем, цинком, платиною), які надають йому білий колір.

Як відомо, сплави золота білого кольору системи Au-Ni-Zn-Cu та Au-Ag-Ni-Zn-Cu багаторазово досліджувались в наукових лабораторіях Радянського Союзу (не дивлячись на обмежений асортимент даних сплавів, упроваджених на радянських підприємствах, номенклатура експериментальних композицій була дуже великою). Наприклад, для сплавів білого кольору 585 проб в результаті давно проведених досліджень було встановлено, що легування сріблом цих сплавів доцільно, але при цьому сума нікелю і цинку має бути близько 16%, а вміст срібла має бути менше вмісту міді, тоді сплав має білий колір низької насиченості. У випадку якщо вміст срібла перевершує вміст міді, сплав жовтіє (збільшується насиченість кольору) навіть при збільшенні вмісту нікелю з цинком більше 17% [3].

Проведені нами дослідження показують, що легування сплавів золота паладієм і сріблом дозволяє отримувати благородний білий колір при вмісті паладію 10-12 % і срібла 5-10 %. Золото-срібний сплав (вміст золота - 37,5%), легко обробляється, але із-за значного змісту срібла схильний до потьм'яніння. Паладій щільніший метал, ніж золото, тому аналогічні вироби з паладієм будуть важчими і, відповідно, дорожчими, ніж із золота. Крім того, хоча золото і паладій мають необмежену розчинність в рідкому і твердому стані, висока температура плавлення паладію (1550°C) ускладнює процеси плавки. Проте сплави золота з паладієм володіють і цілим рядом переваг: у них значно вище пластичність, вони стійкі до втрати кольору при нагріві, мають інтенсивніший блиск після фінішної обробки.

У теперішній час також приділяється значна увага елементу індію, котрий має унікально низьку температуру плавлення у межах 160 °C. М'який сріблясто-білий колір індію добре поєднується з іншими лігатурними металами для отримання сплаву білого золота, але при цьому, він дає значні передумови для зниження собівартості дорогоцінних сплавів на основі золота, бо індію можна видобувати з відходів при видобутку свинцю, цинку, олова у вигляді пилових матеріалів та шлакових комплексів.

Крім цього, прекрасні зовнішні властивості індію та його низька температура плавлення відкривають нові технології для виробництва ювелірних виробів на основі недорогих металів. У цих випадках використання індію в якості лігатури та основного матеріалу забезпечують високу корозійну стійкість та гарні оптичні властивості ювелірних виробів. Та при цьому, потрібно розрахувати безпечну концентрацію цього легуючого

металу при введенні його у дорогоцінні ювелірні сплави, що використовуються при випуску масових ювелірних виробів.

На підставі аналізу сплавів золота білого кольору, що використовуються вітчизняними ювелірними підприємствами, виявлено, що найбільш розповсюдженим легуючим компонентом залишається нікель, який в розплавленому стані необмежено розчинюється в золоті, має гранецентровану кристалічну (ГЦК) решітку, при кристалізації подрібнює зерно сплаву, що супроводжується підвищенням його міцності і твердості. Такі сплави важкі для обробки, і їх відпал не дає бажаного результату. Тому для отримання білого золота найчастіше використовуються багатокомпонентні сплави: золото - нікель - срібло - цинк, часто з міддю, яка додається для полегшення обробки. Але при цьому навіть малий зміст міді (2-3 %) надає сплаву незначний жовтий колір з коричневим відтінком, особливо якщо вміст нікелю не перевищує 10%. У таких випадках часто використовується електрофоретичне нанесення тонкого шару родію дозволяє отримати благородний білий колір

Проаналізувавши медичні дослідження останніх років встановлено, що при контакті зі шкірою нікель може викликати алергічні реакції. Алергічні явища щодо нікелю проявляються у 10-20 % жінок, 5-10 % чоловіків. Подразнення викликається поглинанням шкіри іонів нікелю, що виділяються з матеріалів, які містять нікель і знаходяться в безпосередньому контакті зі шкірою.

Цей елемент в організмі накопичується в печінці, підшлунковій, щитовидній залозах та інших тканинах. При інтоксикації нікелем характерне виникнення алергій, дерматитів, бронхіальної астми, ринітів. Тривалий контакт з нікелем підвищує ризик розвитку новоутворень. Практика покриття ювелірних виробів родієм відтягує початок негативного впливу цього елемента на організм. Це найбільш білий дорогоцінний метал після срібла, платини та паладію, яким до того ж часто покращують зовнішній вигляд виробів. На жаль, тривалість дії родієвої плівки від шести місяців до двох років у кращому випадку, після цього вона стирається і крім зміни кольору прикраси виникає небезпека контакту шкіри із алергенним сплавом.

На сьогодні розроблені нові сплави, в яких в якості «відбілюючої» складової додатково використовують марганець або хром і залізо. У цих сплавах паладій або не міститься, або його доля гранично мала. Для них характерна складена пластична деформація і оброблюваність. Крім того, у багатьох випадках виникають проблеми отримання інтенсивного білого кольору виробів. Поверхні, що потьмяніли і потріскані, доводиться виправляти родієвим покриттям.

З метою зближення законодавства та адміністративних установок країн-членів ЄС в сфері обмежень на торгівлю та порядку використання деяких небезпечних речовин і препаратів була прийнята Директива Європейського парламенту та Ради ЄС № 94/27/ЕС від 30 червня 1994 року. В змінах до цього документу говориться про те, що нікель та його сполучення не можуть використовуватися:

- у опорних збірних вузлах, що вставляються у вушні проколи і інші проколи людського тіла в процесі епітелізації утвореної при проколі раневої

поверхні, незалежно від того, чи будуть вони згодом видалені чи ні, за винятком випадків, коли подібні опорні вузли гомогенні і маса нікелю по відношенню до загальної маси не досягає 0.05 %;

- у виробках, що знаходяться в прямому і тривалому контакті з шкірою, наприклад, в таких, як: сережки, намиста, браслети і ланцюжки, ножні браслети, кільця, годинні наручні браслети, ремінці годинника і застібки, заклепки, застібки-блискавки і металеві деталі, що використовуються в предметах одягу, у випадках, коли швидкість виходу нікелю з тих, що знаходяться в прямому або тривалому контакті з шкірою деталей названої продукції перевищує 0.5 мікрограмів/см в тиждень;

- у наведеній вище продукції, що має покриття, яке не містить нікелю, проте такого покриття недостатньо для того, щоб швидкість виходу нікелю з деталей цих виробів, що знаходяться в прямому або тривалому контакті зі шкірою, перевищує 0.5 мг/см в тиждень щонайменше протягом двох років нормального носіння продукту.

Таким чином, продукція яка не відповідає викладеним вище вимогам не може бути виставлена на ринок в країнах Євросоюзу. Тому все частіше нікель в білому золоті замінюється паладієм. У США підхід до проблеми стриманіший: необхідно тільки при маркуванні виробів вказувати, що воно містить нікель.

Специфічні наукові дослідження в Україні з токсикологогігієнічної оцінки впливу цинку, кадмію, індію, нікелю, на організм методом *in-vitru* (у перекладі з латинської мови — «у склі») - це техніка виконання експерименту у пробірці, або, більш загально, у контрольованому середовищі поза живим організмом, проводились інститутом гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України. Велика кількість експериментів у клітинній біології відбувається поза організмом та поза клітинами. Таким чином, ні умови експерименту, ні результати не відбивають усього того, що відбувається у живих клітинах чи усередині організму. Цей тип досліджень допомагає описати ефекти, що не можуть бути постійними усередині організму. Такі експерименти дають можливість сфокусуватися на окремих органах, тканинах, клітинах, клітинних компонентах, білках, а також інших біомолекулах. Але умови експериментів зазвичай досить однотипні, із незначними відхиленнями. Результати таких досліджень вказують, що при постійному контакті з біологічними середовищами ці метали є хімічно нестабільними і через місяць експозиції проявляються у фізіологічних розчинах. Вони свідчать про значно меншу концентрацію вмісту хімічних елементів, яка вивільняючись у біологічний розчин, спричинює негативні зміни контролюючих параметрів організму вже через тиждень. Тобто, загроза організму настає і при сотих частках цих елементів у біологічно активному середовищі. Тому Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України рекомендував Мінздраву України заборонити використання цинку, нікелю, кадмію, індію у виробках, що мають контакт із шкірою людини.

На основі проаналізованої нами нормативної документації, яка контролює якість ювелірних сплавів, встановлено, що в нашій державі вміст і проба сплавів регламентується міждержавним стандартом ГОСТ 30649-99 Сплавы

благородные на основе благородных металлов ювелирные. Марки, в якому регламентовано 40 марок дорогоцінних сплавів та ТУ У 27.4-00201514-010-2005, де зазначені марки сплавів золота в тому числі й білого кольору, які застосовуються для виготовлення ювелірних виробів [4, 5]. Хімічний склад таких сплавів на основі золота наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад сплавів на основі золота, що мають білий колір

№	Марка сплаву	Проба	Масова частка основних елементів, %					
			Au	Ag	Ni	Zn	In	Cu
1	ЗлСрНЦМ 585-10-8,0-8,0	585	58,5-59,0	0,5-1,5	7,5-8,5	7,5-8,5	-	ост.
15	ЗлСрНЦМ 585-10-11,0-5,0		58,5-59,0	0,5-1,5	10,5-11,5	4,5-5,5	-	ост.
16	ЗлСрНЦМ 585-30-8,0-8,0		58,5-59,0	2,5-3,5	7,5-8,5	7,0-9,0	-	ост.
13	ЗлНЦМ 585-7,0-9,5		58,5-59,0	-	6,5-7,5	9-10	-	ост.
2	ЗлНЦМ 585-7,5-7,5		58,5-59,0	-	7,0-8,0	7,0-8,0	-	ост.
14	ЗлНЦМ 585-9,0-8,5		58,5-59,0	-	8,5-9,5	7,5-9,5	-	ост.
19	ЗлНЦІнМ 585-12,0-7,0- 0,15		58,5-59,0	-	11,5-12,5	6,0-8,0	0,1-0,2	ост.
9	ЗлНЦМ 750-4,0-3,0		750	75,0-75,5	-	3,5-4,5	2,5-3,5	-
11	ЗлНЦМ 750-6,5-3,5	75,0-75,5		-	6,0-7,0	3,0-4,0	-	ост.

Як бачимо, сучасна нормативна документація, не дивлячись на рекомендації медичних співробітників, припускає виробництво особистих ювелірних прикрас з білого золота з вмістом легуючих компонентів, що шкодять здоров'ю людини.

### Висновки

Таким чином, нашими дослідженнями встановлено, що легуючий склад сучасного білого золота має достатньо серйозний вплив на якість та безпечність особистих прикрас, які використовуються значною частиною населення України.

Як показують товарознавчі та інші експертні дослідження, найбільш шкідливим компонентом у складі сплаву білого золота є нікель, який негативно впливає на безпечність ювелірних виробів безпосередньо контактуючих зі шкірою споживача. Тому, в європейських країнах сучасні нормативні документи регламентують його кількість у сплаві, але в нашій державі цьому

факту ще не надали певної уваги, Це приводить до занадто підвищеного вмісту (до 12,5 %) Ні в дорогоцінних сплавах золота білого кольору, що використовуються для тиражування ювелірних виробів масового попиту.

Крім того, у процесі аналітичного моніторингу дорогоцінних сплавів, встановлено, що на вітчизняному ринку для виготовлення коштовностей використовують нестандартизовані сплави білого золота, якість та безпечність яких не підтверджується поточними дослідженнями. Цей факт перетворюється у загрозу для споживачів та не відповідає вимогам створення товарів повсякденного споживання.

Означені проблеми відносно безпечності особистих прикрас та інших ювелірних виробів відкривають перспективи подальших досліджень якості та безпечності дорогоцінних сплавів білого золота, які ще тривалий час будуть формувати попит на ювелірні вироби як на міжнародному так й на внутрішньому ринках.

### **Література**

1. Артюх Т.М., Григоренко І.В. Проблеми безпеки та надійності ювелірних виробів / Артюх Т.М., Григоренко І.В. // Науковий вісник. - 2008. - вип.18.7 – С. 153-157

2. Артюх Т.М., Григоренко І.В. Оцінка безпечності та надійності ювелірних виробів // Товарознавство та інновації: зб. наук. пр. Вип.1 / Голов. ред. О. О. Шубін. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. – С. 18-23

3. Беленький А., Фомин Г. Новые сплавы золота и серебра в отечественной ювелирной промышленности. Аналитический обзор / Беленький А., Фомин Г. // Вісник ювеліра України. - 2008. - №1. – С. 20-25

4. ТУ У 27.4-00201514-010-2005 Сплави на основі дорогоцінних металів ювелірні. Технічні умови.

5. ГОСТ 30649-99 Сплавы благородные на основе благородных металлов ювелирные. Марки. – К.: Госстандарт Украины, 2002.

6. Nickel and Jewellery [Elektronsc resource]. – Available from: <[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

7. S. Henderson, D.Manchanda White Gold Alloys: Colour Measurement and Grading // Gold Bulletin. – 2005. – 38(2). – P. 55-67

8. M. Thompson Defining White Gold // Professional jeweler. – September, 2003. – P. 52-54