

УДК 679.9+7.0231-035.56

*К.В. Татарінцева, кандидат технічних наук, головний фахівець відділу експертизи дорогоцінного каміння  
E-mail: tatarintseva.k@gmail.com*

*О.П. Беліченко, кандидат геологічних наук, керівник відділу експертизи дорогоцінного каміння,  
експерт International Amber Association  
E-mail: bel@gems.org.ua, lbgems@gmail.com*

*Ю.Д. Гаєвський, головний фахівець відділу експертизи дорогоцінного каміння  
E-mail: gud@gems.org.ua*

*Ю.І. Ладжун, кандидат геологічних наук, головний фахівець відділу експертизи дорогоцінного каміння  
E-mail: ladg1978@gmail.com*

*Л.Д. Фуголь, провідний фахівець відділу експертизи дорогоцінного каміння  
E-mail: fugol@gems.org.ua*

*Державний гемологічний центр України  
вул. Дегтярівська, 38–44, м. Київ, 04119, Україна*

## КОМПЛЕКСНІ ГЕМОЛОГІЧНІ, ФІЗИЧНІ, ХІМІЧНІ ТА МІКРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОШТОВНИХ ОРГАНОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ (КОРАЛ, КІСТКА, ПЕРЛАМУТР)

*(Рекомендовано доктором геологічних наук Михайловим В.А.)*

*У статті наведено результати комплексних гемологічних досліджень коралів, кістки, перламутру та їх заміників, які включають: визначення діагностичних характеристик, вимірювання спектрів рентгенівського випромінювання, мікроскопічні дослідження. Узагальнено актуальну інформацію щодо основних видів ювелірних коралів, кістки, перламутру з урахуванням їх комерційного використання, а також видів облагородження та штучних заміників.*

*Ключові слова: коштовні органігенні матеріали, корал, кістка, перламутр, гемологічні дослідження.*

У 2019–2020 роках відділом експертизи дорогоцінного каміння ДГЦУ проводиться науково-дослідна робота за темою «Комплексні фізико-хімічні та мікроскопічні дослідження дорогоцінного каміння органігенного утворення (перли) та коштовних органігенних матеріалів (корал, кістка, перламутр)». НДР виконується в рамках бюджетної програми «Наукове і науково-методичне забезпечення у сфері виробництва і використання дорогоцінного і напівдорогоцінного каміння та забезпечення виробничих та соціально-культурних потреб у дорогоцінних металах і дорогоцінному камінні».

Метою НДР є комплексні гемологічні, фізичні, хімічні та мікроскопічні дослідження дорогоцінного каміння органігенного утворення (перлів) та ко-

штовних органігенних матеріалів (корал, кістка, перламутр).

НДР виконується в два етапи:

Перший етап (2019 рік) – «Комплексні гемологічні, фізичні, хімічні та мікроскопічні дослідження коштовних органігенних матеріалів (корал, кістка, перламутр)».

Другий етап роботи (2020 рік) – «Комплексні гемологічні, фізичні, хімічні та мікроскопічні дослідження дорогоцінного каміння органігенного утворення (перли)».

Актуальність науково-дослідної роботи визначена її важливим практичним значенням для підвищення ефективності гемологічної експертизи коштовних органігенних матеріалів, яку здійснює ДГЦУ за розпорядженням Міністерства фінансів України, інших упо-

вноважених органів, насамперед щодо експертизи каміння, яке належить Державному фонду дорогоцінних металів і дорогоцінного каміння України; для забезпечення прав на достовірну інформацію виробників, споживачів й інших суб'єктів ювелірної галузі; для вдосконалення спеціалізованої підготовки експертів-гемологів, підвищення кваліфікації фахівців, діяльність яких пов'язана з наданням послуг у сфері гемологічної експертизи.

Завдання першого етапу НДР:

1. Аналіз стану світового ринку коштовних органігенних матеріалів – коралів, кістки, перламутру.

2. Аналіз термінології та принципів класифікування коралів відповідно до новітніх пропозицій Всесвітньої конфедерації ювелірів (СІВЮ).

3. Дослідження методів облагородження та імітацій коштовних органічних матеріалів.

4. Проведення комплексних мікроскопічних, фізичних та хімічних досліджень коштовних органічних матеріалів.

5. Створення навчального посібника з експертної оцінки коштовних органічних матеріалів.

Об'єкти дослідження – коштовні органічні матеріали (корал, кістка, перламутр), їх природні та штучні замітники.

Методи дослідження:

1. Визначення діагностичних гемологічних характеристик проводилось за допомогою стандартного гемологічного обладнання.

2. Вимірювання спектрів рентгеновського випромінювання методом рентгенофлуоресцентного аналізу (далі – РФА) проводилося за допомогою спектрометра енергій рентгеновського випромінювання «СЕР-01» моделі «ElvaX-Light» з інтервалом досліджень від Na до U, відповідно до «Методики діагностики дорогоцінного каміння та його заміників методом рентгенофлуоресцентного аналізу» [1].

3. Мікроскопічні дослідження виконувались за допомогою гемологічного мікроскопа «Gemmater L 230V», імерсійного мікроскопа «Eickhorst Gemmoscope».

### **Виклад основного матеріалу**

Створення Комісії з коралів СІВЮ в 2014 році, а також «Синьої книги» про корали «The Coral Book» у 2015 році стало важливою подією для ювелірної індустрії, де вперше було запропоновано проект заходів щодо вирішення проблем, з якими стикається сектор ювелірних коралів. Комісія з коралів об'єднала торговців коралами, гемологів з морськими біологами та іншими профільними фахівцями. Разом вони визначили ключові проблеми, що стоять перед індустрією дорогоцінних коралів, та розробили стратегію їх вирішення. Для цього вони залучатимуть гемологічні лабораторії світу, які будуть досліджувати корали на основі їх фізичних властивостей, морфологічних спостережень, використовуючи інфрачервону спектроскопію та інші методи ідентифікації.

У «The Coral Book» визначена термінологія і класифікація коралів та штучних продуктів, які виділені з урахуванням комерційного використання, відповідно до класифікацій і практики торгівлі коралами, штучними продуктами і ювелірними виробами [2]. Вона рекомендована для використання організаціям, які представляють країни-члени СІВЮ. Саме тому тема обраної роботи є дуже актуальною для ДГЦУ, який представляє Україну в СІВЮ.

Необхідно підкреслити, що «The Coral Book» містить нормативне посилання на Конвенцію про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, які перебувають під загрозою зникнення (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora – CITES). CITES – це міжнародний міжурядовий договір, підписаний у 1963 році, який регулює міжнародну торгівлю видами тварин і рослин, що перебувають під загрозою зникнення [3].

Частина різновидів коштовних органічних матеріалів, наприклад, окремі види слонової кістки, деякі види коралів, входять до переліку товарів, торгівля якими заборонена або обмежена згідно з нормативними документами CITES.

Відповідно до «The Coral Book» корали поділяють на дорогоцінні, що обмежені видами, які належать до родів *Paracorallium* і *Corallium* (сімейство *Coralliidae*), та інші (звичайні корали), які можуть використовуватись у ювелірній справі здебільшого після облагородження (чорний корал, губчастий корал, бамбуковий корал, синій корал тощо).

З усієї множини коралів, існуючих у природі, в ювелірній справі в основному використовують два класи коралів, які мають достатньо міцні скелети: *Hydrozoa* і *Anthozoa*.

Корали вапняного типу складені переважно карбонатом кальцію (82–87 %  $\text{CaCO}_3$ ) з незначними домішками магнію. Основні компоненти більшості коралів формуються поліпами з хімічних елементів, які містить морська вода [4].

Білкові корали мають неоднорідний хімічний склад, який може сильно відрізнятися між різними видами коралів.

Екологічні проблеми та надмірне споживання призвели до активного

знищення коралів, водночас попит на них не зменшується. Як наслідок сучасною тенденцією ювелірного ринку стало збільшення пропозиції облагороджених коралів та їх природних і штучних заміників.

Сьогодні ринок коралів в умовах дефіциту дорогоцінних видів здебільшого заповнений недорогими видами, які не знаходяться під захистом CITES. Вони зазвичай облагороджені з метою імітації дорогоцінних видів коралів. Тому першочерговим завданням наукової роботи було:

- дослідження структурних особливостей різних видів дорогоцінних і звичайних коралів та розробка їх порівняльних характеристик;
- вивчення видів імітацій та методів їх виявлення;
- дослідження існуючих видів облагородження та методів їх діагностики.

Дорогоцінні корали роду *Corallium* мають хвилясту, волокнисту, ребристу структуру, яка зовні проявляється у вигляді поздовжніх ліній, на їх відшліфованій поверхні видно дуже мало порожнин (рис. 1, 2).



Рисунок 1. Структурні особливості поверхні дорогоцінного корала *Corallium*



Рисунок 2. Поперечний розріз дорогоцінного корала *Corallium*

Звичайні корали інших видів часто пропонують для продажу на ринку в облагороженому стані з метою імітації дорогіших коралів *Corallium*. Наприклад, бамбукові корали виду *Keratoisis profunda* (сімейство *Isididae*) частіше за все фарбують у природні кольори *Corallium* (рис. 3). Корали сімейства *Isididae* широко розповсюджені, мають

скелетну структуру, яка нагадує бамбук. Їх скелет складається з міжвузлів з карбонату кальцію (природний колір кремово-білий, сіро-білий або блідо-коричневий), які розділені вузлами з білку горгоніну (природний колір темно-коричневий або чорний) [5].

Для природних і штучних імітацій *Corallium* також використовують кістку,

перламутр, пофарбований халцедон, скло, кераміку, пластик тощо (рис. 4).

Різниця у флуоресценції різних матеріалів наочно демонструє часткову заміну намистин з фарбованого червоного корала на намистини з пластику (рис. 5).

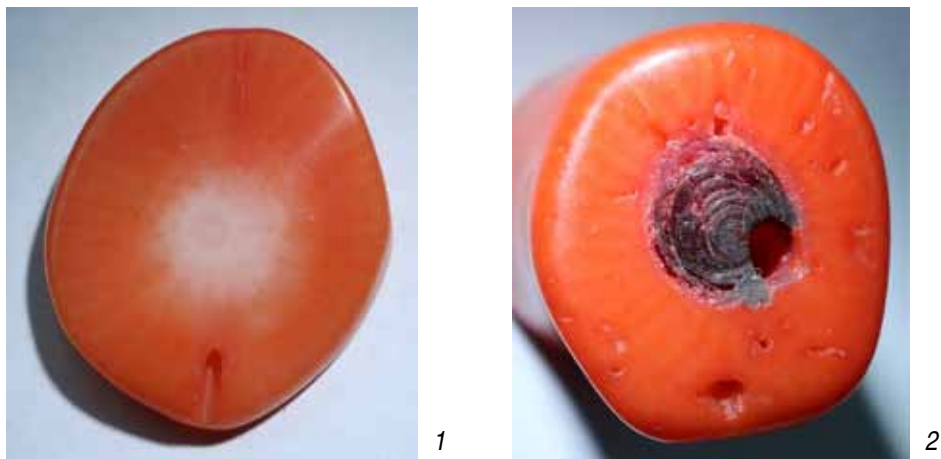


Рисунок 3. Пофарбовані намистини з бамбукового корала сімейства *Isididae*, зб. 3

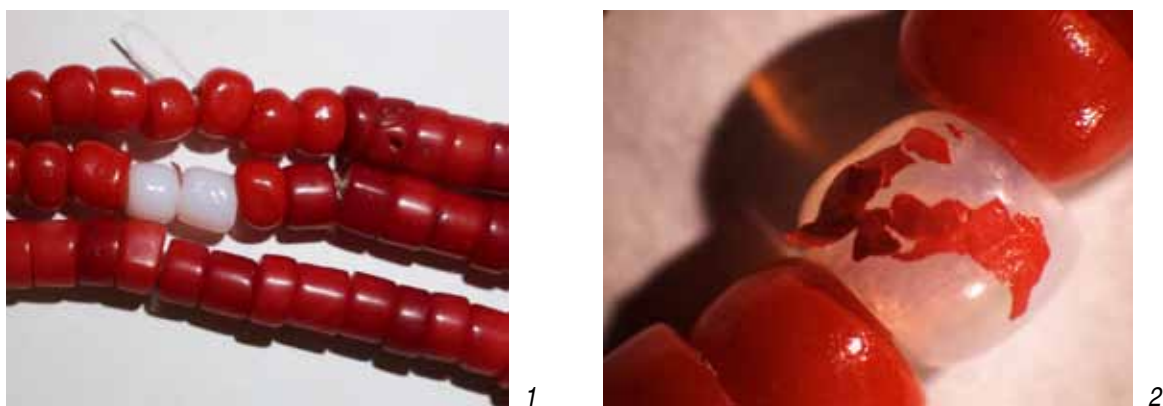


Рисунок 4. Імітація корала з білого пластику, вкритого оболонкою червоного кольору, зб. 2 (1), зб. 8 (2)



Рисунок 5. Різниця у флуоресценції фарбованого корала та пластику



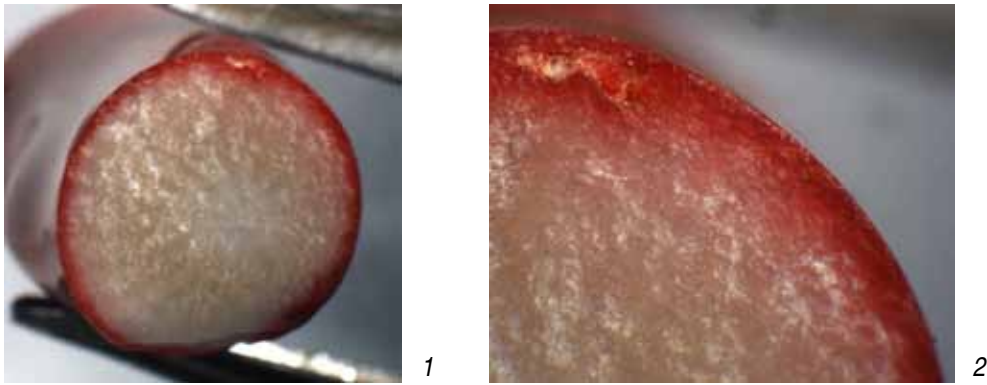


Рисунок 6. Поверхнєве забарвлення корала зб. 15 (1), зб. 35 (2)

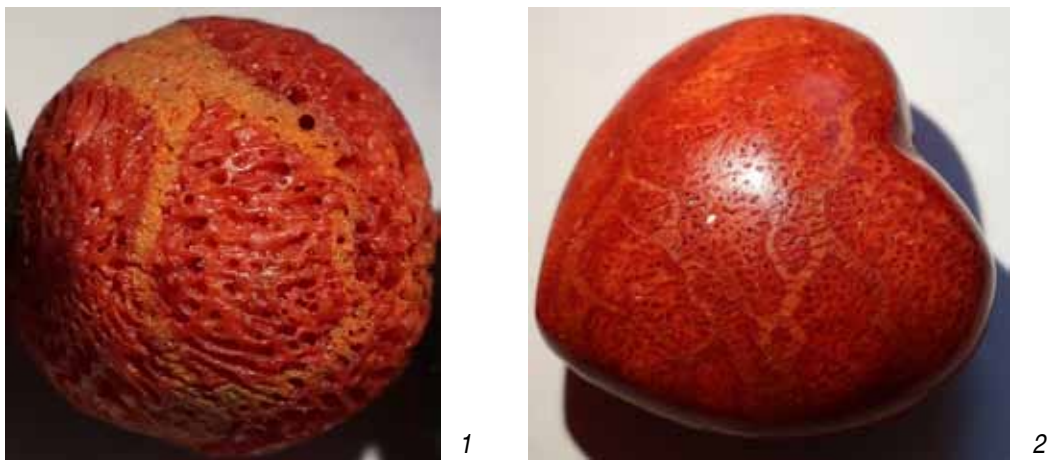


Рисунок 7. Поверхня губчастого корала *Melithaea osracea*: 1) без просочення, зб. 4; 2) з просоченням безбарвною пластичною речовиною, зб. 2

Серед методів облагородження коралів, що були вивчені під час комплексних гемологічних досліджень, найбільш розповсюдженими виявились фарбування та заповнення (просочення) полімерами або органічними речовинами (рис. 6, 7). Слід зазначити, що захист поверхні коралів природним безбарвним воском є загальноприйнятою практикою і не вважається облагородженням.

Сукупність отриманих результатів комплексних гемологічних досліджень свідчить, що найбільш перспективним для гемологічної діагностики коралів є мікроскопічне вивчення їхньої структури та визначення характерних особливостей структури дорогітних і звичайних коралів, встановлення ознак облагородження в комплексі з визначенням діагностичних гемологічних характеристик і реакції на розчинники, а

також дослідженням спектрів рентгеновської флуоресценції.

У цій роботі під терміном «кістка» розглядають дентинову кістку (зуби, бивні) та кістки тварин, які використовують як матеріал для створення ювелірних прикрас, а саме [6]:

- бивень слона (азіатського, африканського);
- бивень мамонта (викопа кістка);
- верхні і нижні ікла та різці бегемота;
- верхні ікла моржа (включаючи викапну моржеву кістку);
- бивні нарвала;
- зуби кашалота;
- ікла бородавочника (кабана, *Phacochoerus aethiopicus*);
- інші кістки.

Необхідно зазначити, що хімічний склад зубів та бивнів ссавців однаковий незалежно від виду, тому узагальнюючий термін «слонова кістка» (ivory) також часто застосовують для опису

будь-яких зубів або бивнів ссавців, які використовують для створення ювелірних виробів і представляють комерційний інтерес.

Замінниками сллонової кістки з природних матеріалів є кістка звичайна (орган у хребетних тварин, який належить до опорно-рухової системи і складається переважно з кісткової тканини), черепашки (без перламутрового блиску), рослинна кістка – матеріал, отриманий передусім з горіхів пальми Тагуа (*Phytelephas macrocarpa*).

До синтетичних замінників сллонової кістки належать різні види синтетичних смол: поліефірні смоли, фенольні смоли, казеїн, поліестер та їх композити, целулоїд, а також композитні матеріали з пилу сллонової кістки та синтетичних смол або інших сполучних речовин.

Під час гемологічного дослідження сллонової кістки та її замінників встановлено, що найбільш перспективним



Рисунок 8. Частина браслету із слонової кістки з лініями Шрегера, зб. 2

для гемологічної діагностики є детальне дослідження характерних особливостей структурного малюнка на поверхні кісток у комплексі з визначенням діагностичних гемологічних характеристик (показника заломлення, густини, флуоресценції), а також хімічного складу за допомогою РФА, де основними діагностичними елементами є Са та Р. Полірований поперечний розріз дентину слонової та мамонтової кістки має унікальний малюнок ліній Шрегера [6]. Як правило, зразки бивня слонів мають середні показники перетину ліній Шрегера більші за  $115^{\circ}$ , а бивня мамонтів менші за  $90^{\circ}$ . Полірований поперечний розріз дентину слонової кістки можна побачити на рисунку 8. Однак для остаточного вирішення поставленого завдання необхідно розширення бази зразків слонової кістки та її замінників.

Перламутр – органіко-неорганічний композит природного походження, що утворюється як внутрішній шар черепашок прісноводних і морських молюсків та характеризується специфічним перламутровим блиском, зумовленим іризацією.

Перламутр надходить на світовий ринок як у вигляді цілих черепашок, так і заготовок і виробів з них. Основні джерела перламутру – устриці *Pinctada*, червоногі молюски *Haliothis*, *Turbo*, *Strombus*, *Cassis*, головоногий молюск *Nautilus*, які живуть у теплих і тропічних морях, та прісноводні мідії, що живуть у багатьох річках Америки, Європи й Азії [7].

Облагородження перламутру має довгу історію, але воно стало особливо поширеним явищем останнім часом. Види облагородження – фарбування, відбілювання, заповнення (просочення) полімером з фарбником чи без нього,

заповнення (просочення) воском та покриття оболонкою (рис. 9).

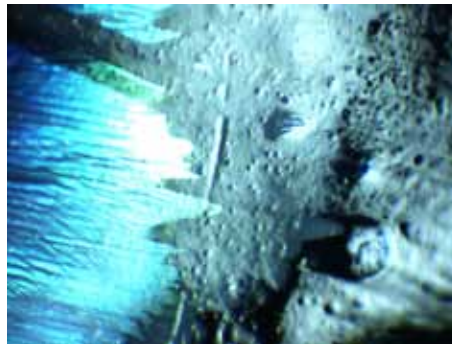


Рисунок 9. Пухирчаста структура прошарку фарби білого кольору фарбованого перламутру, зб. 3б

Реконструйований перламутр – це матеріал, основою якого є справжній перламутр. Черепашки низької якості подрібнюють до певної фракції, а потім пресують з додаванням синтетичних смол.

Штучний перламутр вперше був отриманий у 2012 році в лабораторії Кембриджського університету, він практично не відрізнявся від природного. Нові нанотехнології дозволили британським дослідникам створити перламутр на основі кальцію, імітуючи його природний процес росту [7].

Перевагами імітацій перламутру є можливість створення заготовок будь-якого розміру і товщини, різноманітних за кольором.

За результатами комплексних гемологічних досліджень перламутру та його імітацій визначені їх діагностичні характеристики. Під час дослідження методом РФА встановлено, що всі досліджені зразки мають морське походження, про що свідчить підвищений вміст стронцію і відсутність марганцю в спек-

трах рентгенівської флуоресценції. Внаслідок вивчення перламутру, облагородженого фарбуванням, не встановлено вмісту хромофорних елементів (за виключенням титану у фарбнику білого кольору), отже, штучний колір зразків створено переважно за допомогою органічних барвників. У складі штучних замінників перламутру зафіксовано свинець, галій, вісмут, іноді олово, кадмій, які не зустрічаються в природних об'єктах. Дослідження перламутру і його замінників свідчать про широкі діагностичні можливості комплексної гемологічної експертизи: визначення діагностичних гемологічних характеристик (густина, показника заломлення), реакції на розчинники, мікроскопічних досліджень поверхні на наявність ознак облагородження в комплексі з дослідженням спектрів рентгенівської флуоресценції.

### Висновки

1. Систематизовано актуальну інформацію щодо стану світового ринку коштовних органічних матеріалів, охарактеризовано основні види ювелірних коралів, кістки, перламутру з урахуванням їх комерційного використання, узагальнено інформацію щодо облагородження та штучних замінників.
2. Проведено комплексні гемологічні дослідження зразків коралів, кістки, перламутру та їх замінників, які включають визначення діагностичних гемологічних характеристик, вимірювання рентгенівських спектрів, мікроскопічні дослідження.
3. Розроблено навчальний посібник з експертної оцінки коштовних органічних матеріалів.

## Використані джерела

1. Методики діагностики дорогоцінного каміння та його заміників методом рентгенофлуоресцентного аналізу: затв. наказом ДГЦУ від 25.01.2013 № 6/13-1.
2. CIBJO. The Coral Book. CIBJO standard E 2015-1, 2015-7-1, 37 p.
3. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Signed at Washington, D.C., on 3 March 1973. URL: [www.cites.org](http://www.cites.org) (дата звернення: 03.12.2019).
4. Татарінцева К.В. Огляд міжнародної практики у сфері класифікації коралів з урахуванням їх комерційного використання. *Коштовне та декоративне каміння*. 2019. №2 (96). С. 4–8.
5. Татарінцева К.В. Гемологічне дослідження коралів та їх імітацій на українському ювелірному ринку. Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 07–08 листоп. 2019 р.). Київ, 2019. С. 12–14.
6. Espinoza, Edgard O'Neil; Mann, Mary-Jacque. The identification guide for ivory and ivory substitutes. 1991. p. 35. URL: <https://www.cites.org/sites/default/files/eng/resources/pub/E-ivory-guide.pdf> (дата звернення: 04.12.2019).
7. Манохіна Л., Індутна Т. Перламутр. *Коштовне та декоративне каміння*. 2001. №3 (25). С. 31–38.

## References

1. Diagnostics methods of precious stones and their substitutes with X-ray fluorescence analysis method use: approved by the order of SGCU from January 25, 2013, No. 6/13-1.
2. CIBJO. The Coral Book. CIBJO standard E 2015-1, 2015-7-1, 37 p.
3. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Signed at Washington, D.C., on 3 March 1973. URL: [www.cites.org](http://www.cites.org) (date of appeal: 03.12.2019).
4. Tatarintseva K. An overview of international practice in the classification of corals, taking into account their commercial use. *Precious and decorative stones*. 2019. №2 (96). P. 4–8.
5. Tatarintseva K. The research of corals and their imitations of the Ukrainian jewelry market. Modern technologies and features of quarrying, processing and use of natural stone: materials of the Internat. scient.-pract. conf. (Kyiv, 07–08 Novem. 2019). Kyiv, 2019. P. 12–14.
6. Espinoza, Edgard O'Neil; Mann, Mary-Jacque. The identification guide for ivory and ivory substitutes. 1991. p. 35. URL: <https://www.cites.org/sites/default/files/eng/resources/pub/E-ivory-guide.pdf> (date of appeal: 04.12.2019).
7. Манохіна Л., Індутна Т. Nacre. *Precious and decorative stones*. 2001. №3 (25). P. 31–38.

УДК 679.9+7.0231-035.56

*Е.В. Татарінцева, кандидат геологических наук, главный специалист отдела экспертизы драгоценного камня*  
E-mail: [tatarintseva.k@gmail.com](mailto:tatarintseva.k@gmail.com)

*Е.П. Беличенко, кандидат геологических наук, руководитель отдела экспертизы драгоценного камня, эксперт International Amber Association*  
E-mail: [lbgems@gmail.com](mailto:lbgems@gmail.com)

*Ю.Д. Гаевский, главный специалист отдела экспертизы драгоценного камня*  
E-mail: [gud@gems.org.ua](mailto:gud@gems.org.ua)

*Ю.И. Ладжун, кандидат геологических наук, главный специалист отдела экспертизы драгоценного камня*  
E-mail: [ladg1978@gmail.com](mailto:ladg1978@gmail.com)

*Л.Д. Фуголь, ведущий специалист отдела экспертизы драгоценного камня*  
E-mail: [fugol@gems.org.ua](mailto:fugol@gems.org.ua)

Государственный геммологический центр Украины  
ул. Дегтяревская, 38–44, г. Киев, 04119, Украина

Комплексные геммологические, физические, химические и микроскопические исследования драгоценных органических материалов (коралл, кость, перламутр)

В статье приведены результаты комплексных геммологических исследований кораллов, кости, перламутра и их заменителей, которые включают: определение диагностических характеристик, измерение спектров рентгеновского излучения, микроскопические исследования. Обобщена актуальная информация по основным видам ювелирных кораллов, кости, перламутра с учетом их коммерческого использования, описаны виды облагораживания и искусственные заменители.

Ключевые слова: драгоценные органические материалы, коралл, кость, перламутр, геммологические исследования.

UDC 679.9+7.0231-035.56

*K. Tatarintseva, PhD, chief specialist of the Department of Examination of Precious Stones*  
Email: [tatarintseva.k@gmail.com](mailto:tatarintseva.k@gmail.com)

*O. Belichenko, PhD (Geol.), Head of the Department of Examination of Precious Stones, expert of the International Amber Association*  
E-mail: [lbgems@gmail.com](mailto:lbgems@gmail.com)

*Yu. Gayevsky, chief specialist of the Department of Examination of Precious Stones*  
E-mail: [gud@gems.org.ua](mailto:gud@gems.org.ua)

*Yu. Ladzhun, Ph.D (Geol.), chief specialist of the Department of Examination of Precious Stones*  
E-mail: [ladg1978@gmail.com](mailto:ladg1978@gmail.com)

*L. Fugol, senior specialist of the Department of Examination of Precious Stones*  
E-mail: [fugol@gems.org.ua](mailto:fugol@gems.org.ua)

State Gemmological Centre of Ukraine  
38–44 Deghtyarivska Str., Kyiv, 04119, Ukraine

Complex gemological, physical, chemical analysis as well as microscopic study of precious organogenic material (corals, ivory, nacre)

The results of complex gemological study of corals, ivory, nacre and their substitutes are given in the article. These results include determination of gemological characteristics, measurement of X-ray spectra and microscopic examination. Recent information considering main types of precious corals, ivory, nacre is generalized in accordance with their commercial use as well as treatment types and artificial products are described.

Key words: precious organogenic material, corals, ivory, nacre, gemological study.