

ŚWIAT MINERAŁÓW I KAMIENI OZDOBNYCH

Informator dla osób zajmujących się nieprofesjonalnie naukami mineralogicznymi

Nikodem SOBCZAK, Tomasz SOBCZAK

KORALE OZDOBNE

DZIEJE KORALA — RYS HISTORYCZNY

Koral towarzyszy człowiekowi w jego rozwoju cywilizacyjnym od przeszło 25 tys. lat. Wskazują na to liczne odkrycia archeologiczne, zwłaszcza ostatniego okresu, w tym m.in. odkrycie koralu czerwonego w jaskiniach z epoki młodszego paleolitu w Wildescheur (RFN) oraz w grobowcach z epoki neolitu w Chanblandis (Francja). Dla człowieka pierwotnego, np. kromanionńskiego*, miał koral przede wszystkim znaczenie obrzędowe, dopiero znacznie później, w miarę kształtowania się animizmu, również znaczenie kultowe. W starożytności koral spełniał już różnorodne funkcje. Miał znaczenie kultowe, magiczne i lecznicze. Celtów na przykład chronił przed truciznami, Greków i Rzymian przed złymi duchami, a liczne plemiona żydowskie przed jednym i drugim (*Job XXVIII.18; Ezekiel XXVIII.16*). Miał też koral w starożytności swoich wielkich znawców i gorących wielbicieli. Szczególnym piewą tego pięknego kamienia był Owidiusz. Według poety** amulet z koralu miał chronić jego właściciela przed niebezpieczeństwami w podróży, miał stanowić niezawodne antidotum na wszelkiego rodzaju trucizny, a w szczególnych przypadkach powodować również wzrost obfitości plonów.

Do wyrobu biżuterii i innych przedmiotów ozdobnych, we współczesnym ich znaczeniu, zaczęto stosować koral od IV w. p.n.e. Pojawiają się pierwsze pierścienie, paciorki, a nawet rzeźby. W dalszym ciągu jednak większość surowca jest przeznaczona na amulety. Jego głównymi odbiorcami są przede wszystkim Celtowie i Cytyberowie i dopiero od I w. p.n.e., rosnący w siłę i znaczenie, Bliski i Daleki Wschód. Stan ten trwa do końca XVII w. Wspomina o koralu w swych relacjach z podróży do Chin i Indii Marco Polo (XIII—XIV w.) i później Travermier (XVII w.).

Szczególnie rozwinięty handel korałem obserwuje się w okresie wypraw krzyżowych. Ozdoby z koralu stanowią też cenne trofea wojenne. Od XVI w. na rynku ko-

*Nazwa pochodzi od Cro-Magnon, stanowiska archeologicznego w pd.-zach. Francji.

**Patrz: poemat „Orfeusz w Tracji”.

ralowym dominują Francuzi; w 1538 r. spółka francuska uzyskuje od sultana tureckiego wyłączność na dostawę koralu do imperium otomańskiego i państw z sultanem zaprzyjaźnionych. Rozpoczyna się intensywna eksploatacja zasobów koralu u wybrzeży Sycylii, Sardynii i Korsyki, a także wzdłuż północnych brzegów Afryki od Tunisu po Gibraltar. Szczyt rozwoju przemysłu koralowego przypada na przełom wieku XVI i XVII i trwa do czasu Wielkiej Rewolucji Francuskiej, po której następuje upadek francuskiego przemysłu koralowego. Inicjatywę przejmują Włosi, którzy już w końcu XVIII w. posiadają potężne centrum handlowo-wytwórcze w Torro del Greco, u podnóża Wezuwiusza. Następuje ponowny rozkwit sztuki jubilerskiej i rzeźbiarskiej, o niespotykanych w historii tego kamienia rozmiarach. W okresie światowego boomu koralowego, przypadającego na lata 1879—1884, roczna produkcja wyrobów koralowych dostarczanych na rynek przekraczała 1100 ton. Z tego też okresu pochodzi nie tylko piękna biżuteria, lecz również najwspanialsze rzeźby, prawdziwe dzieła sztuki. W końcu drugiej połowy XIX w. na koralowym rynku jubilerskim pojawiają się Japończycy. Ich wejście na światowe rynki było ułatwione wyczerpaniem się zasobów koralu szlachetnego w akwenie śródziemnomorskim i równocześnie odkryciem bogatych złóż tego cennego surowca u wybrzeży wyspy Bonin, Okinawy i północnego Tajwanu, a obecnie wybrzeży Archipelagu Hawajskiego. Od tego czasu zaczyna się zmierzch dominującej pozycji czerwonego koralu śródziemnomorskiego, wielowiekowego przedmiotu kultu, pożądania i namiętności.

NAZEWNICTWO

Etymologia słowa koral nie jest w pełni wyjaśniona. Wielu badaczy słowo to wyprowadza od hebrajskiego *gord* lub arabskiego *garal*, które oznaczają kamień amuletowy lub sam amulet. Inni, za najbardziej prawdopodobne uważają jego celtycki pochodzenie; wskazują przy tym na bardzo wczesnie rozwinięty u Celtów kult koralu. Sugestie te nie są jednak udokumentowane. Wiadomo natomiast, że w czasach starożytnych koral miał swoje liczne, specyficzne nazwy. Greckie *korallium* nie oznaczało koralu, lecz „coś co twardniało w rękę”, podobnie jak łacińskie *corallium*, które również nie było nazwą koralu, lecz narzędzia stosowanego do połowu muszli z dna morskiego. Współczesna nazwa koralu pochodzi z przełomu XV—XVI w. Pierwotnie nazwą tą określano jedynie czerwony, wapniowy koral śródziemnomorski; od końca XVII w. także inne, liczne zwierzęta morskie i organizmy roślinne (koralowce, drzewa koralowe itp.).

W kręgach kulturowych pozaeuropejskich, mimo licznych kontaktów handlowych, nazwa koral nie przyjęła się; najczęściej stosuje się stare nazwy zwyczajowe lub kultowe. W języku arabskim oprócz *garal* używa się często nazwę *marjan*, w staroarmeńskim — *bust*, w birmańskim — *tada*, w chińskim — *shan-hu*, w hebrajskim wspomniany już *gord* lub *peninim*, w japońskim — *sango*, w malajskim — *sanhosu*, w perskim — *bussadh*, w tybetańskim — *chiru*, w sanskrycie — *pravala*.

TAKSONOMIA KORALA

Wśród wielu tysięcy gatunków koralowców, należących do typu *Coelenterata*, koral szlachetny tworzone są przez te kolonie polipów, które budują rogowy (konchioliny) lub wapniowy szkielet wewnętrzny. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z korałem czarnym, zwanym do niedawna fałszywym, w drugim z korałem czerwonym, zwanym szlachetnym. Odkrycie w latach siedemdziesiątych koralu

niebieskiego, a zwłaszcza wapniowego koralu złotego, burzy ten tradycyjny podział. Polipy — jak wiadomo — są organizmami zwierzęcymi żyjącymi w koloniach, w strefie występowania silnych i ciepłych prądów morskich. Ciało polipów budowane są przez trzy warstwy tkanek; ektodermę, mesogleję, i endodermę. Część centralna polipa (zwykle o kształcie podłużnego, wyodrębnionego kanału, zakończonego z jednej strony gardzielą) jest podzielona pionowymi ścianami endodermy na symetryczną liczbę przedziałów. Każda kolonia składa się z kilkunastu rodzajów polipów, różniących się między sobą kształtem i funkcją, jakie w tej kolonii spełniają. Polipy danej kolonii otoczone są cienką, mięsistą, skóropodobną błoną, zwaną *Coenenchyme*, przez którą przechodzą liczne kanały łączące poszczególne polipy. W koralach szlachetnych specjalne komórki umieszczone w *Coenenchyme* spełniają funkcje ochronne. One to wydzielają wapniowe lub rogowe substancje na zewnątrz organizmu, tworzące w efekcie sztywny lub elastyczny szkielet wewnętrzny kolonii. W przypadku szkieletu wapniowego, jest on zbudowany z tzw. sklerytów — kalcytopodobnych elementów wapniowych, połączonych ze sobą substancją krystaliczną. Ten typ budowy sprawia, że mikroskopowa struktura koralu czerwonego charakteryzuje się zawsze jednakowym rysunkiem. W przekroju poprzecznym widoczny jest wyraźny układ koncentrycznych pierścieni, z lekko zakrzywionym prążkowaniem; w przekroju podłużnym wyraźne, ciemnoczerwone wstęgi, pomiędzy którymi zaznacza się struktura włóknista, o nieco jaśniejszym odcieniu. Cecha ta ma szczególne znaczenie w badaniach identyfikacyjnych, zwłaszcza przy odróżnianiu koralu szlachetnych od ich naturalnych lub syntetycznych imitacji.

Miejsce koralu szlachetnego w systematyce organizmów przedstawia się jak następuje:

typ — *Coelenterata*
 klasa — *Anthozoa*
 podklasa — *Alyconaria*
 rząd — *Gargonacea*
 podrząd — *Seleraxonia*

rodzina — *Corallidae*
 rodzaj — *Corallium*
 gatunek — *Corallium rubrum*
Corallium japonicum
Corallium secundum

SKŁAD CHEMICZNY I PODSTAWOWE CECHY FIZYCZNE

Korale pochodzenia naturalnego charakteryzują się dość zróżnicowanym składem chemicznym, a w związku z tym również zmiennymi własnościami fizycznymi i optycznymi. Powoduje to, że większość autorów w swych publikacjach nt. koralu podaje jedynie skład przybliżony. Najczęściej jest podawany skład koralu czerwonego:

CaCO₃ — 83 ... 87%

MgCO₃ — 6,5 ... 7%

Fe₂O₃ — 0,75 ... 2%

CaSO₄ — 1,25 ... 1,5%

Substancje organiczne — 1,25 ... 3%

Inne — niewielkie ilości fosforanów i chlorków oraz pierwiastków śladowych.

Zostało udowodnione, iż o składzie chemicznym szkieletu koralowego (każdego gatunku) decydują następujące czynniki: wiek koralu, warunki i szybkość wzrostu, stan zdrowotny kolonii polipów oraz stan środowiska naturalnego. Obserwowane zmiany składu są najbardziej widoczne w koralach wapniowych. I tak: wiek koralu wpływa na zmianę zawartości węgla magnezu. W koralach czerwonych najniższą zawartość MgCO₃ (ok. 1%) wykazują osobniki młode; w miarę starzenia się

kolonii, udział $MgCO_3$ w składzie podstawowym może dochodzić do 40%. Wraz z wiekiem zmienia się także zawartość związków żelaza, która niekiedy, u koralu starszych, może dochodzić do 4%.

Szybkość wzrostu — najszybciej rosną koralce z gatunku *Corallium rubrum* (ok. 3 cm/rok). One też wykazują najniższą zawartość fosforanów, siarczanu sodu, chlorku magnezu i jodu.

Warunki wzrostu — umiejscowienie kolonii, szybkość prądów, głębokość położenia oraz czystość wody określają warunki wzrostu i możliwości fotosyntezy. Wpływa to na skład chemiczny i procentowy udział wielu pierwiastków towarzyszących.

Zdrowotność kolonii — zdrowe organizmy polipa zdolne są do tworzenia szkieletów zwartych, dobrze wykształconych, o małej zawartości krzemionki i podwyższonej zawartości pierwiastków śladowych, zwłaszcza Ba, Sr i Na.

W tabeli 1 zestawiono najważniejsze cechy fizyczne, optyczne i inne koralu naturalnych oraz ich podstawowy skład chemiczny.

BARWA JAKO KRYTERIUM KLASYFIKACJI I OCENY WARTOŚCI

W schematach klasyfikacyjnych czynionych na użytek gemmologii miejsce koralu nie jest jednoznacznie określone. Sprawiają to jego specyficzne właściwości a zwłaszcza nietypowy dla kamieni szlachetnych i ozdobnych zespół cech kolorystycznych, które w przypadku koralu zwyczajowo przyjmowane są za podstawowe kryterium klasyfikacyjne.

Tabela 1

Skład chemiczny oraz podstawowe cechy fizyczne, optyczne i inne koralu naturalnych

Skład chemiczny i podstawowe cechy fizyczne	Rodzaje koralu			
	Czerwone („szlachetne”)	Białe	Złote	Czarne
Skład chemiczny	$CaCO_3 + MgCO_3$ + substancje organiczne + pierwiastki śladowe Sr, Ba, Fe, Na	$CaCO_3$	$CaCO_3 +$ pierwiastki śladowe	$C_{32}H_{48}N_2O_{11}$
Cechy fizyczne i inne				
Współczynnik załamania światła (N)	1,486—1,658	1,490—1,650	1,560	1,560
Gęstość (g/cm ³)	2,60—2,70	2,60—2,70	1,40—1,45	1,32—1,50
Twardość (wg skali Mohsa)	3,5—4,0	3,5—4,0	2,0—3,0	3,0—4,0
Połysk	matowy; po oszlifowaniu woskowy	matowy; po oszlifowaniu woskowy	tłusty migotliwy	woskowy
Luminescencja (fluorescencja)	purpurowoczerwona w bliskim UV	słaba, niediagnostyczna	brak	słaba, niediagnostyczna
Przełam	drzazgowy, nierówny	drzazgowy, nierówny	drzazgowy, nierówny	drzazgowy, nierówny

W przeszłości za koral szlachetny uważano jedynie czerwony, wapniowy koral śródziemnomorski. Stąd podział na koral szlachetny (czerwony) i pozostałe. Z biegiem czasu pojęcie koralu szlachetnego znacznie rozszerzono, wprowadzając do grupy tej również koral białe, białe z odcieniem szarym i kremowym oraz koral różowy. Równocześnie przyjęto i wprowadzono odpowiednią skalę gradacji wartości, w oparciu o kryterium barwy. Międzynarodowo uznana została skala włoska, która wyróżnia osiem barw podstawowych:

- czysto biała (*bianco*),
- blad różowa (*pelle d'angelo*),
- blad różowa (*rosa palido*),
- intensywnie różowa (*rosa vivo*),
- łososiowa (*secondo coloro*),
- czerwona (*rosso*),
- ciemnoczerwona (*rosso scuro*),
- purpurowa (*arciscuro* lub *carbonetto*).

Podana wyżej gradacja barw, choć nadal obowiązująca, nie spełnia już potrzeb rynku koralowego, w związku z czym czynione są próby jej zmodyfikowania. Sprawiają to zarówno nowe odkrycia koralu, o innych barwach, jak i gwałtowne kurczenie się zasobów koralu czerwonego jako wynik postępującej degradacji środowiska. Na rynku jubilerskim rzadko wyróżnia się koral blad różowy, różowy i intensywnie różowy; wszystkie te odmiany określane są jednym mianem „skóry anielskiej” (*pelle d'angelo*, *angelskin*, *Engelshaut*). Podobnie jest z barwą łososiową.

Tabela 2

Koral naturalne, ich barwa i miejsca występowania

Rodzaje koralu	Barwa	Nazwa handlowa	Występowanie
Szlachetne (czerwone)	purpurowa czerwona	Moro	Morze Śródziemne (wybrzeże Tunezji)
		Sardegna	Morze Śródziemne (wybrzeże Algierii, Maroka, Sardynii i Włoch)
		Sazuma	Ocean Spokojny (wybrzeża wyspy Midawy, Okinawy i Formozy)
Białe	jasnoróżowa, różowoczerwona, różowa o połysku atlasowym	„Skóra anielska”	Morze Śródziemne, Morze Chińskie (wybrzeże Wietnamu)
		Boke	Ocean Spokojny (wybrzeże Japonii)
		Sciacca	Morze Śródziemne (wybrzeże Sycylii)
Czarne	czarna	Akabar (Accarbaar)	Morze Czerwone, Ocean Spokojny (wybrzeża Archipelagu Majańskiego), Ocean Indyjski (wybrzeża Indii)
Niebieskie	niebieska fioletowo-fioletowa	Akori	Ocean Atlantycki (zach. wybrzeża Afryki)
Złote	złotozłta		Ocean Spokojny (wybrzeża wysp Archipelagu Hawajskiego)

Cechy rozpoznawcze koralu naturalnych i ich imitacji

Rodzaje koralu	Współczynnik załamania światła (N)	Gęstość g/cm ³	Twardość (wg skali Mohsa)	Fluorescencja	Rysa	Inne cechy charakterystyczne
Korale naturalne: — czerwone (tradycyjnie zwane szlachetnymi)	1,486—1,658	2,60—2,70	3,5—4,0	purpurowo-czerwona	biała	powierzchnia zewnętrzna gładka; przekrój poprzeczny o rysunku koncentrycznych pierścieni z lekko zakrzywionym prążkowaniem
— złote (gerardia)	1,56	1,44—1,45	2—3	brak danych	biała	powierzchnia zewnętrzna nieregularna, dółkowata; przekrój o wyraźnie, promieniście rozchodzących się liniach; dobrze ukształtowane warstwy obwodowe; krótkie, promieniście rozłożone kreski, skierowane w przekrój warstw; jednolita barwa złota lub złotoczysta
— złote modyfikowane (gorgonian)	1,55—1,56	1,35—1,40	2	brak danych	—	powierzchnia gładka, ściemnowpłata; przekrój poprzeczny o rysunku słoje drzew; często widoczna granica pomiędzy czarnobrązowym rdzeniem a zewnętrzną, złotą barwną warstwą protein
— złote modyfikowane (anthipatharian)	1,55—1,56	1,35—1,40	2—3	brak danych	—	powierzchnia zewnętrzna kółkowata, o wyraźnie zaznaczonej rzeźbie; przekrój poprzeczny o rysunku słoje, ukształtowanych w postaci „wirujących spiral”; często widoczna granica barw, pomiędzy rdzeniem a powierzchniową warstwą protein

Imitacje naturalne:

— pątygorskit	1,450—1,550	2,08—2,18	6	barwa malw do zmatowiałej czerwieni	biała	brak charakterystycznej struktury koralu; silny połysk; barwa czerwona o odcieniu czerwonofoioletowym
— opal	1,370—1,470	1,25—2,25	5—6,5	intensywnie zielona lub żółta	biała	brak charakterystycznej struktury koralu
Imitacje nienaturalne (także syntetyki): — korale „Gilsona”	ok. 1,550	2,60—2,70	3,5	zmienna w zależności od składu	biała	powierzchnia zewnętrzna porowata, matowa, często o mozaikowym wzorze
— korale rekonstruowane „Recon”	zmienny, najczęściej o wartości zbliżonej do koralu naturalnych	2,70 ± 0,05	3,5	brak	pomarańczowa do czerni wonej	brak charakterystycznej struktury koralu; możliwość rozpoznawania gorącą igłą
— masy termoplastyczne (plastyk)	1,495—1,540	1,35—1,80	2,5—3	brak	pomarańczowa do czerni wonej	możliwość rozpoznawania gorącą igłą; ostry zapach przy ogrzewaniu
— szkło	1,440—1,900	2,30—4,50	5—6	brak	brak	liczne inkluzje wewnątrz (pęcherzyki powietrza), silny połysk

czerwoną i ciemnoczerwoną, dla których przyjmuje się jedno określenie — czerwony. Wydziela się tylko jednolitą barwę purpurową, którą w dalszym ciągu uznaje się za najcenniejszą.

W tabeli 2 podano propozycje nowego podziału koralu naturalnych, z uwzględnieniem ich barw, nazw handlowych i miejsc występowania.

SPOSOBY ROZRÓŻNIENIA KORALI NATURALNYCH OD ICH NAŚLADOWNICTW

Od wielu lat na rynkach jubilerskich pojawiają się różnego rodzaju naśladownictwa koralu naturalnych. Pierwotnie niedoskonałe i łatwe do rozróżnienia, obecnie coraz doskonalsze i przysparzające ekspertom-gemmologom wiele trudności. Ogólnie, naśladownictwa można podzielić na dwie grupy:

- imitacje wykorzystujące substancje naturalne, do których należą barwione kości, odpowiednio preparowane i barwione drewno, modyfikowane kamienie szlachetne i ozdobne jak palygorskit i opal;
- imitacje wytwarzane sztucznie, którymi są koral „Gilsona”, rekonstruowane koral „Recon” i podobne, szkło, porcelana, lak, kauczuk oraz masy plastyczne. Specyficzną grupę stanowią koral naturalne o zmodyfikowanej (ulepszonej) barwie, zwłaszcza koral złote.

Z gemmologicznego punktu widzenia najniebezpieczniejszymi naśladownictwami są koral „Gilsona”, „Recon” i im podobne, ponieważ najlepiej oddają cechy fizyczne i optyczne koralu naturalnych. Pierwsze, wytwarzane są ze sproszkowanego CaCO_3 z dodatkiem określonych związków takich pierwiastków jak: Si, Mg, B, Sr, Fe, Al, Na i Cd, drugie, ze sproszkowanych, białych koralu naturalnych, prasowanych pod wysokim ciśnieniem i w podwyższonej temperaturze, z dodatkiem termoutwardzalnych mas plastycznych oraz odpowiednich barwników. Z tego też względu szczególnego znaczenia w praktyce gemmologicznej nabiera problematyka identyfikacyjna; ściślej, metody badania umożliwiające w sposób względnie prosty dokonywanie rozróżnień pomiędzy koralami naturalnymi a ich imitacjami. Autorzy proponują kilka testów, które odpowiednio dobrane i poprawnie wykonane dają możliwość takiej identyfikacji.

1. Współczynnik załamania światła

Oznaczenie to pozwala z całą pewnością wyeliminować z grupy koralu naturalnych i ich naśladownictw — opal, którego górna granica wartości współczynnika załamania wynosi 1,470.

2. Gęstość

Wiele imitacji, o ile nie są one specjalnie przygotowane, posiada gęstość znacznie niższą niż $2,60 \text{ g/cm}^3$. Należą do nich: barwione kości, preparowane drewno, palygorskit, opal, część mas plastycznych, lak i kauczuk.

3. Twardość

Test twardości wykonany przy użyciu rutynowych przyrządów pozwala wydzielić materiały twardsze niż koral naturalne (palygorskit, opal, szkło, porcelana) oraz miększe (masy plastyczne, lak, kauczuk).

4. Luminescencja

Badanie fluorescencji w bliskim UV pozwala wyróżnić opale, które wykazują intensywną zieloną lub żółtą fluorescencję; przy odpowiedniej wprawie również palygorskit.

5. Rysa

Materiały barwione, termoutwardzalne masy plastyczne (plastyk) oraz koral „Recon” posiadają rysę o barwie pomarańczowej lub czerwonej, koral naturalne rysę białą.

6. Cechy zewnętrzne

Koral naturalne (czerwone) w przekroju poprzecznym charakteryzują się zawsze wyraźnym rysunkiem koncentrycznych pierścieni o lekko zakrzywionym prążkowaniu*.

7. Ciepło

Dotknięcie badanego materiału gorącym próbnikiem pozwala z dużym prawdopodobieństwem zidentyfikować imitacje wykonane z kości, drewna, plastyku, laku i kauczuku; koral rekonstruowane „Recon” i podobne, w miejscu zetknięcia z próbnikiem odbarwiają się, ukazując białą plamkę.

8. Inne cechy

- połysk — silny dla szkła, porcelany i palygorskitu;
- odcień barwy — liliowofioletowy dla palygorskitu; nienaturalny, koralowopodobny dla szkła, laku, kauczuku, kości i drewna;
- odczucie ciepła — przy dotyku koralu naturalnych, plastyku, drewna, laku i kauczuku występuje odczucie ciepła w odróżnieniu od szkła, porcelany, opali i palygorskitu, które dają odczucie zimna;
- dźwięk — badane materiały lekko uderzane o taflę szklaną mogą dawać wyraźny (szkło, porcelana) lub przytłumiony dźwięk (kauczuk, lak, plastik).

W tabeli 3 zestawiono proponowane, najbardziej charakterystyczne cechy rozpoznawcze koralu naturalnych i ich imitacji.

PIŚMIENNICTWO

- ANDERSON B. W., 1980: Gem testing. Butterworths, London.
BROWN G., 1979: Gold corals—same thought on their discrimination. *Gems and Gemology*, 16.
BROWN G., 1981: Golden corals: A brief note. *The Australian Gemmologist*, 14.
CHUDOBA K. F., GÜBELIN E. J., 1974: Edelsteinkundliches Handbuch. Wilhelm Stollfuss Verlag, Bonn.
EPPLER W. E., 1984: Praktische Gemmologie. Rühle-Diebener-Verlag.
GRIGG R. W., 1977: Hawaii's precious corals, island heritage. Norfolk Island.
GÜBELIN E. J., 1981: Die Eigenschaften der undurchsichtigen Schmucksteine und deren gemmologische Bestimmung. *Zeitschrift der D. Gem. G.*, 1.
LIDDICOAT R. T., 1981: Handbook of gem identification. GIA, Santa Monica.
MAŚLANKIEWICZ K., 1983: Kamienie szlachetne. Wyd. Geol., Warszawa.
NASSAU K., 1984: Gemstone Enhancement, Butterworths, London.
SCHLOSSMACHER K., 1969: Edelsteine und Perlen. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
SCHUMANN W., 1981: Edelsteine und Schmucksteine. BLV Verlagsgesellschaft, München.
UYLDERT M., 1983: Verborgene Kräfte der Edelsteine. Hugendubel Verlag, München.
WEBSTER R., 1980: Practical gemmology. N. A. G. Press LTO, London.
WEBSTER R., ANDERSON B. W., 1983: Gems. Their sources, descriptions and identification. Butterworths, London.

*Uwaga: W przypadku niemożności przeprowadzenia obserwacji powierzchni lub przekroju ze względu na kształt próbki lub wypolerowaną powierzchnię, porównanie innych cech fizycznych i optycznych podanych w tabeli 3 nie zawsze może być wystarczające do wystawienia ekspertyzy. Należy wówczas skorzystać z metod instrumentalnych.