

OSADY ZŁOTONOŚNE DOLINY POTOKU KRASZÓWKA (POGÓRZE KACZAWSKIE)

GOLD-BEARING DEPOSITS OF THE KRASZÓWKA STREAM (KACZAWSKIE FOOTHILLS)

PAWEŁ URBAŃSKI¹

Abstrakt. Analiza petrograficzna i mineralogiczna 25 panwiowych próbek korytowych umożliwiła rozpoznanie złotoności holocen-skich aluwów potoku Kraszówka na Pogórzu Kaczawskim. Wystąpienia złota okrucowego odnotowano w 18 próbkach pobranych na całej długości potoku, jednak jego największe nagromadzenie stwierdzono w środkowym odcinku potoku. Większość znalezionych złocin ma formę blaszkowo-płytkową lub cementacyjno-grudkową i wykazuje różnorodne deformacje mechaniczne. Głównym źródłem złota okrucowego w osadach korytowych potoku Kraszówka są najprawdopodobniej paleogeńskie „białe” żwiry kwarcowe oraz wodnolodowcowe piaski złotonośne związane ze zlodowaceniami południowopolskimi. Ważną rolę w genezie złota okrucowego odegrały procesy chemicznego rozpuszczania i wtórnej precypitacji złota, prowadzące do powstawania tzw. złota „nowego”. W świetle teorii o odnawialności rozsy-pisk złotonośnych, istnieją duże szanse na rozpoznanie w osadach aluwialnych doliny Kraszówki stref o bilansowej zawartości złota okrucowego.

Słowa kluczowe: złoto okrucowe, minerały ciężkie, osady aluwialne, skały macierzyste, Sudety Zachodnie.

Abstract. Samples from alluvia of the Kraszówka Stream (Kaczawskie Foothills) were subjected to petrographic analysis. After this research, gold-bearing deposits of the Holocene Kraszówka alluvia have been diagnosed. Gold occurrence was reported all along the Kraszówka Stream, but its large concentration has been localized by the author within the middle part of the stream. Gold has been identified within 18 of 25 samples collected. Most of gold grains take the foliate-plate and cementation-popular forms and show various types of mechanical deformation. Palaeogene “white” quartz gravels and gold-bearing glaciofluvial sands of the South Polish Glaciations are probably the main source of placer gold. Chemical processes of gold dissolving and reprecipitation took an important part in the origin of placer gold, leading to the formation of so-called “new” gold. In the light of gold-placer renewable theory, there is a good chance to identify zones of economic placer gold concentration in alluvia of the Kraszówka Valley.

Key words: placer gold, heavy minerals, alluvial deposits, parental rocks, Western Sudetes, Poland.

WSTĘP

Niniejsza praca ma na celu przedstawienie charakterystyki złota okrucowego, oznaczenie minerałów ciężkich oraz określenie potencjału złotonośnego aluwów holocen-skich z potoku Kraszówka (prawy dopływ Bobru), znajdującego się w województwie dolnośląskim. Według podziału geologicznego badany obszar leży w obrębie niecki północnosudeckiej.

Przypuszcza się, że prawie wszystkie pierwotne wystąpienia mineralizacji złota w Sudetach są ściśle uwarunkowane rozwojem stref ścinania, głównie typu podatno-kruczego lub kruczego, charakterystycznych dla skał epimetamorficznych Gór Kaczawskich. Strefy z wyższą zawartością złota koncentrują się w pobliżu kontaktu skał epimetamorficznych i mezometamorficznych, gdzie skutek gwałtownego spad-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: pawel.urbanski@pgi.gov.pl

ku ciśnienia dochodziło do powstania stromo zapadających żył kwarcowych i węglanowych ze złotem i siarczkami (Cymerman, 1997). Macierzyste złoża złota należy wiązać głównie z osłoną bloku Karkonoszy, gdzie sylurskie łupki są poprzecinane licznymi żyłami kwarcu zawierającymi srebrną galenę oraz złotonośny arsenopiryt i piryt.

Można przypuszczać, że metamorfik kaczawski był obszarem alimentacji dla okruchowych koncentracji złota w aluwkach Kraszówki. Możliwe jednak, że znaleziona populacja

grubych złocin, niemających swoich odpowiedników wśród mineralizacji pierwotnej metamorfiku kaczawskiego, pochodzi z przedpola Sudetów. Źródłem złota mogły być także utwory z pogranicza czerwonego spągowca i cechsztynu, które w paleogenie odsłaniały się na znacznej powierzchni na skrzydłach niecki północnosudeckiej. W paleogenie osady te uległy głębokiej i szybkiej erozji w wyniku nagłego wyniesienia Sudetów w stosunku do Przedgórzia oraz obniżeniem bazy erozyjnej (Speczik, Wołkowicz, 1995).

METODY BADAŃ

Do badań pobrano 25 próbek panwiowych z holocenijskich odsypów bocznych i śródkorytowych oraz z tarasów nadzalewowych potoku Kraszówka, zaś w celu określenia składu petrograficznego – 5 próbek pełnych pochodzących z dna potoku. Próbki panwiowe pobierano średnio co 150 m wzdłuż potoku (fig. 1).

Próbki panwiowe o objętości ok. 20 litrów, po przesianiu przez sito o średnicy oczek 6 mm, były przepłukiwane ręcznie do uzyskania tzw. „szarego szlichu”, który następnie wysuszono. Po wysuszeniu próbek koncentraty minerałów ciężkich rozdzielono za pomocą magnesu ręcznego na frakcję magnetyczną i niemagnetyczną. Identyfikacji poddano frakcję <0,2 mm jako najbardziej reprezentatywną dla tego typu osadów

w rejonie Sudetów Zachodnich. Następnie z frakcji niemagnetycznej wstępnie oznaczono i wyseparowano złociny.

Minerały przezroczyste rozpoznawano przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego, natomiast minerały nieprzezroczyste, po zatopieniu w żywicy epoksydowej i wypolerowaniu, oznaczono w świetle odbitym pod mikroskopem stereoskopowym.

Dla wybranych próbek osadów złotonośnych wykonano analizę półilościową metodą szacunkową, podając zawartość minerałów ciężkich w g/m^3 osadu.

W celu dokładnego określenia zawartości złota okruchowego w osadzie, policzono wszystkie jego ziarna w próbkach panwiowych (tab. 1). Następnie złoto okruchowe zmie-

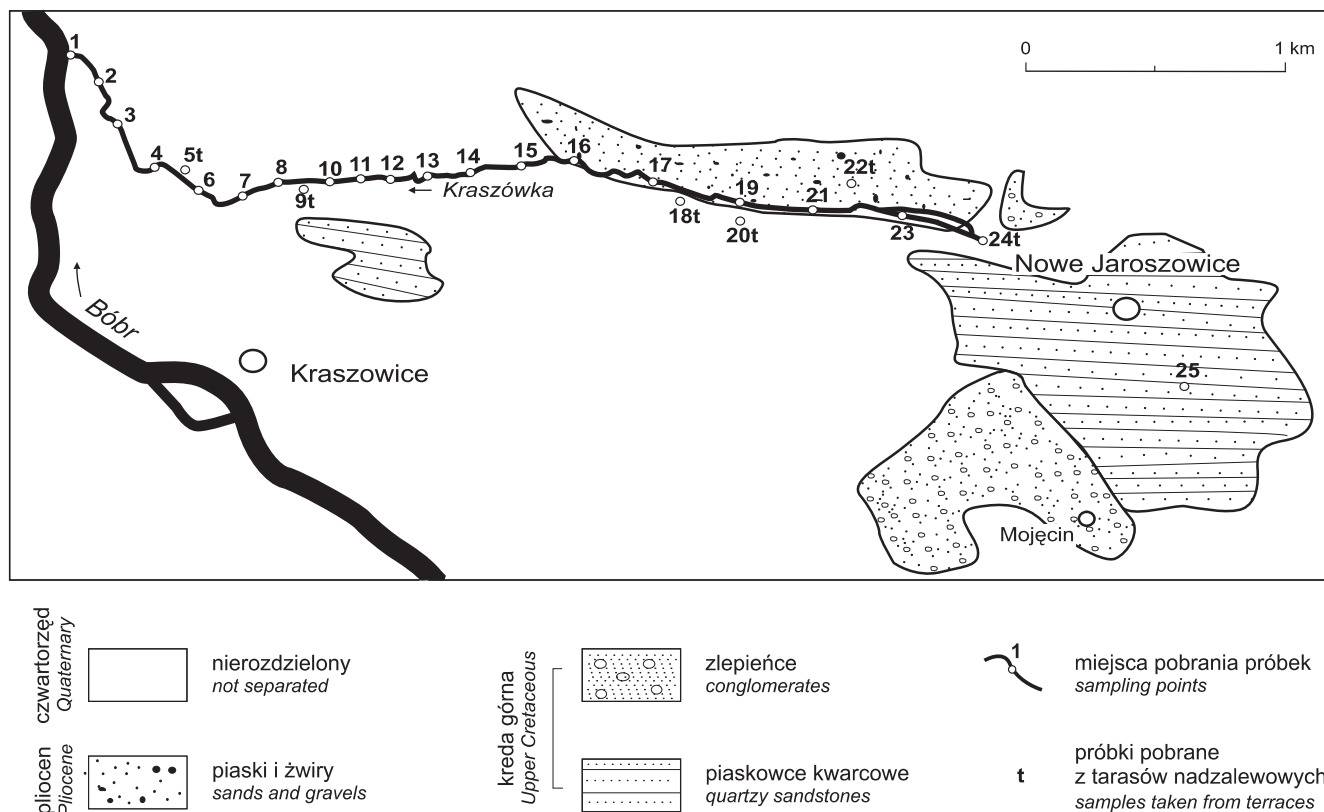


Fig. 1. Szkic geologiczny obszaru badań z lokalizacją punktów opróbowania panwiowego

Geological sketch map of the study area with location of sampling sites

rzono pod binokulem z podziałką mikrometryczną, podając trzy wymiary każdego ziarna (a – długość, b – szerokość, c – grubość) oraz określając jego kształt, obtoczenie, współczynnik spłaszczenia i stopień sfałdowania. Parametry te bardzo dobrze opisują relację między morfologią ziarn złota, a długością transportu w osadzie. Kształt złocin sklasyfikowano na podstawie wzorca morfogenetycznego klasyfikacji złota według Petrovskiej (1973), natomiast stopień obtoczenia wyznaczono według wizualnego stopniowego wzorca obtoczenia Powersa (1953). Za miarę spłaszczenia złocin przyjęto współczynnik spłaszczenia F.I. (*flatness index*).

Dla 5 próbek pełnych, o masie około 6 kg każda, przeprowadzono analizę granulometryczną i określono skład petrograficzny. Wyniki analizy granulometrycznej przedstawiono w formie krzywych kumulacyjnych. Parametry rozkładu uziarnienia obliczono metodą graficzną na podstawie wzorów Folka i Warda (1957). Do analizy petrograficznej wykorzystano frakcje >8 i $1-0,5$ mm, identyfikując po około 300 ziarn w każdej klasie.

Do badań struktur złota okrucowego zastosowano mikroskop skaningowy JOEL JSM-35, wyposażony w sondę typu EDS firmy Oxford Instruments Ltd. UK.

Tabela 1

Wyniki opróbowania szlichowego potoku Kraszówka
Schlich sampling results (Kraszówka Stream)

Numer próbki	Miejsce pobrania próbki	Masa całkowita próbki [g]	Masa minerałów ciężkich [g]		Liczba złocin w próbce	Zawartość minerałów ciężkich [g/m ³]	
			frakcja niemagnetyczna	frakcja magnetyczna		frakcja magnetyczna	frakcja niemagnetyczna
1	koryto	4,4	0,5	3,9	0	2,5	19,5
2	koryto	5,0	0,1	5,0	2	0,5	25,0
3	koryto	5,0	0,6	4,4	2	3,0	22,0
4	koryto	3,5	0,4	3,0	4	2,0	15,0
5	taras	3,5	0,3	3,1	1	1,5	15,5
6	koryto	8,9	1,0	7,9	4	5,0	39,5
7	koryto	12,4	2,5	9,9	31	12,5	49,5
8	koryto	10,5	2,2	8,3	23	11,0	41,5
9	taras	2,9	0,7	2,2	3	3,5	11,0
10	koryto	6,3	1,1	5,2	23	5,5	26,0
11	koryto	20,7	5,0	15,7	28	25,0	78,5
12	koryto	6,2	1,6	4,6	11	8,0	23,0
13	koryto	12,1	2,3	9,8	5	11,5	49,0
14	koryto	16,6	4,5	12,1	5	22,5	60,5
15	koryto	10,8	3,3	7,5	3	16,5	37,5
16	koryto	8,4	1,9	6,5	4	9,5	32,5
17	koryto	5,9	0,7	5,2	6	3,5	26,0
18	taras	6,7	0,9	5,8	3	4,5	29,0
19	koryto	4,0	0,8	3,2	7	4,0	16,0
20	taras	4,9	0,3	4,6	0	1,5	23,0
21	koryto	6,7	0,6	6,1	0	3,0	30,5
22	taras	5,0	0,4	4,6	0	2,0	23,0
23	koryto	2,5	0,2	2,3	0	1,0	11,5
24	taras	7,4	2,0	5,4	0	10,0	27,0
25	taras	6,6	1,1	5,5	0	5,5	27,5

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Dolina Kraszówki leży w środkowej części silnie zdyslokowanej niecki północnosudeckiej (fig. 2), której podłoże stanowi struktura starowaryscyjska Gór Kaczawskich. Niecka północnosudecka jest rozległą formą synklijinalną, zorientowaną w kierunku NW–SE, rozciągającą się od okolic Świerzawy na wschodzie po dolinę Nysy Łużyckiej na zachodzie.

W podłożu niecki północnosudeckiej znajdują się utwory karbonu górnego w postaci zlepieńców, iłowców, piaskowców z wkładkami zlepieńców i wapieni, przykrytych tufami porfirowymi. Na utworach karbonu zalegają utwory permu, reprezentowane przez czerwone zlepieńce, piaskowce i melafiry czerwonego spągowca oraz cechsztyńskie zlepieńce, piaskowce, wapienie, dolomity i anhydryty. Wyżej występują utwory triasu (pstry piaskowiec), a na skraju niecki dolne piętra kredy (cenoman i turon) wykształcone w postaci piaskowców kwarcowych, glaukonitowych i margli. Utwory paleogeńskie są najpełniej rozwinięte w strefie obniżen Żytawa–Węgliniec na pograniczu bloku łużyckiego, karkonoskiego i metamorfiku kaczawskiego. W niecce północnosudeckiej łączna miąższość utworów kenozoiku waha się od 0 do 60 m.

Miocen na badanym obszarze reprezentują żwiry, piaski, mułki, ropy i węgiel brunatny. Żwiry składają się prawie wyłącznie z otoczków kwarcu o średnicy do 20 cm. Duża ich część jest słabo obtoczona. W żwirach sporadycznie spotyka się otoczki łupków kwarcytowych, łupków zieleńcowych, „granitów sudeckich”, piaskowców kredy i piaskowców oligocenów o spoiwie krzemionkowym. Żwiry miocenu są datowane na podstawie obecności w nich otoczków piaskowców krzemionkowych oligocenu. Osady miocenu wieńczy seria szarych i brunatnych, następnie zielonych, niebieskich i pstrych ropy serii poznańskiej, zaliczanej do górnej części miocenu (sarmat).

Utwory plioceniczne są wykształcone jako żwiry i piaski polimiktyczne z wkładkami białych glin kaolinowych oraz seria żwirów i różnoziarnistych piasków wypełniających doliny kopalne wyerodowane na powierzchni ropy serii poznańskiej. Omawiane plioceniczne żwiry podścielają na dużych przestrzeniach osady plejstocenu. W wielu wypadkach jednak warstwa przypowierzchniowa jest przemieszana z materia-

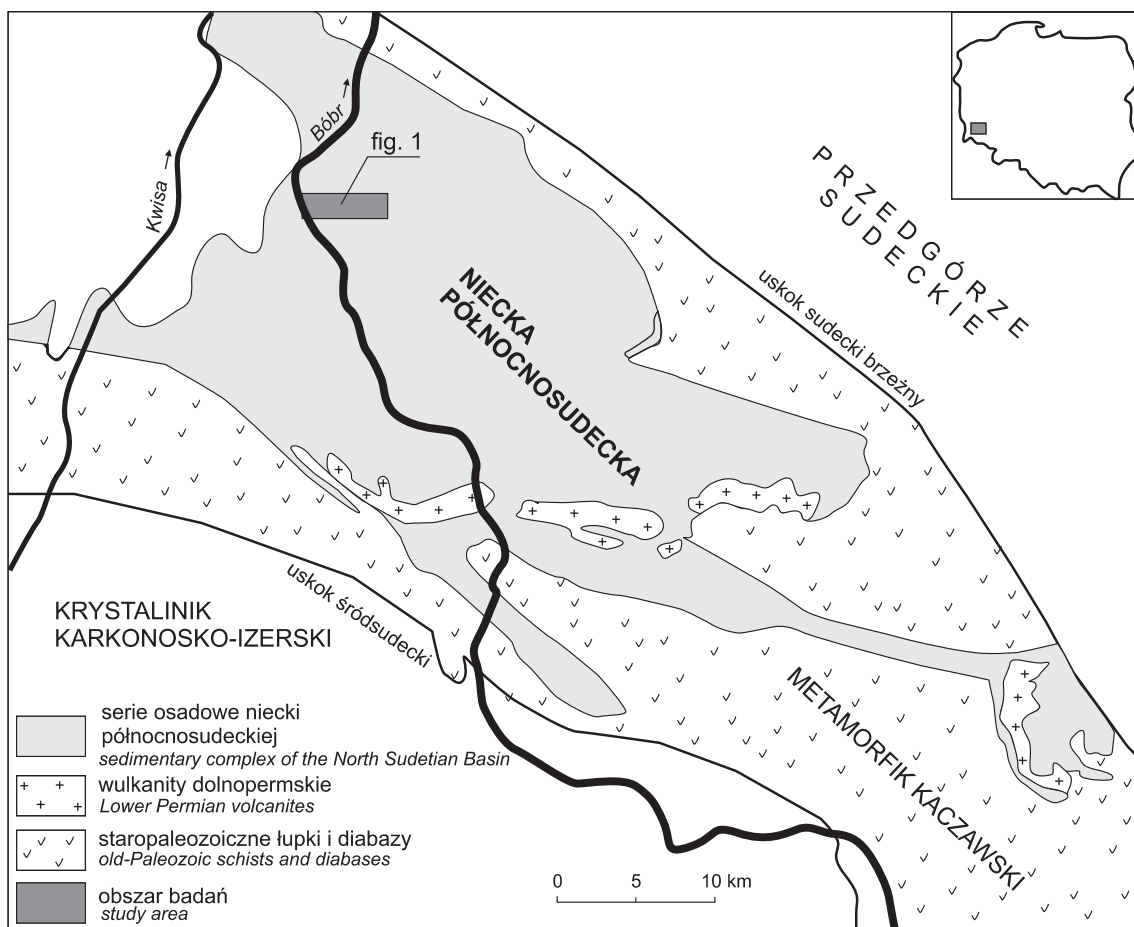


Fig. 2. Uproszczona mapa geologiczna metamorfiku kaczawskiego

Simplified geologic map of Kaczawski Metamorphic

łem północnym, co wpływa na zazębienie się facji i zatarcie granicy neogen/plejstocen (Grocholski, 1965).

Osady plejstocenu to przede wszystkim (od dołu): wodnolodowcowe piaski i żwiry (o miąższości 3–8 m), ropy (0–3 m), glina lodowcowa (0–9 m). Holocen jest reprezentowany przez piaski i żwiry rzeczne, wcięte głęboko we wszystkie twory starsze.

Łądlód niżowy dotarł do Sudetów po raz ostatni w czasie zlodowaceń środkowopolskich. Wobec braku na oma-

wianym obszarze i w jego najbliższym sąsiedztwie śladów następných zlodowaceń można przyjąć, że reprezentowane są tu przede wszystkim osady akumulacji lodowcowej lub wodnolodowcowej zlodowacenia odry (Grocholski, 1965).

Wszystkie twory neogeńskie, łącznie z glinami lodowcowymi, zawierają na omawianym obszarze niewielkie ilości złota. Jest ono jednak bardzo rozproszone, w związku z czym nie nadaje się do samoistnej eksploatacji (Wojciechowski, 1994).

CHARAKTERYSTYKA BADANYCH OSADÓW ZŁOTONOŚNYCH

Analiza granulometryczna osadów złotonośnych przeprowadzona dla różnych próbek nie wykazała znacznego zróżnicowania parametrów uziarnienia (fig. 3; wartości przeciętnej średnicy – M_z i graficznego standardowego odchylenia – σ_1).

Krzywe kumulacyjne rozkładu uziarnienia złotonośnych osadów Kraszówki (próbki: 1, 6, 10, 16, 21) charakteryzują się polimodalnym rozkładem uziarnienia (fig. 3). Osady te mają zbliżone wartości graficznej przeciętnej średnicy (M_z) i graficznego standardowego odchylenia (σ_1), wahające się w granicach odpowiednio od 2,07 do 3,40 mm i od 2,11 do 2,31. Średnie, graficzne parametry rozkładu uziarnienia wskazują, że są to bardzo źle wysortowane żwiry drobnoziarniste.

Do określania składu petrograficznego wykorzystano ten sam materiał okrucowy (próbki pełne), który użyto do analizy granulometrycznej. Badaniem składu petrograficznego objęto frakcję >8 mm. Analiza wykazała dominację w alu-

wiach potoku Kraszówka materiału lokalnego, sudeckiego oraz obecność pojedynczych otoczków granitoidów pochodzenia skandynawskiego (tab. 2). Głównym składnikiem badanych osadów jest dobrze obtoczony, mleczny kwarc, któremu towarzyszą ziarna łupków metamorficznych (łupki sercytowe), krzemionkowych, czarnych łupków grafitowych, porfirów, gnejsów, zieleńców i diabazów. Zwykle są dobrze i bardzo dobrze obtoczone. Otoczki granitoidów skandynawskich wykazują zróżnicowanie stopnia zwietrzienia – od słabo do bardzo silnie zwietrzałych. Wśród otoczków potoku Kraszówka dość często pojawiają się, charakteryzujące się niewielkim stopniem obtoczenia, zlepierce arkozywe i piaszkowce.

Do analizy składu mineralnego wykorzystano frakcję mineralów ciężkich, która współwystępuje ze złotem okrucowym (tab. 3), reprezentowaną przez minerały przezroczyste i nieprzezroczyste. Wszystkie minerały przezroczyste (fig. 4)

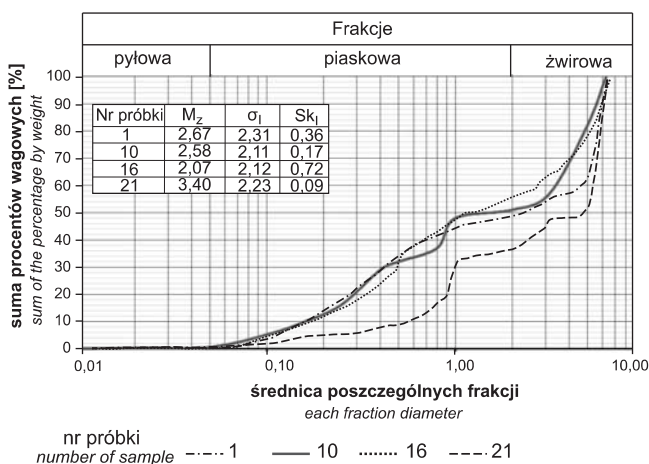


Fig. 3. Krzywe kumulacyjne rozkładu uziarnienia osadów złotonośnych potoku Kraszówka

M_z – graficzna przeciętna średnica, σ_1 – graficzne standardowe odchylenie, Sk_1 – graficzna skośność

Granulation curves of Kraszówka alluvial deposits

M_z – graphic mean diameter, σ_1 – graphic standard deviation, Sk_1 – graphic skewness

Tabela 2

Skład petrograficzny osadów złotonośnych we frakcji >8,0 mm [% obj.]

Petrographic composition of gold-bearing sediments in the fraction >8,0 mm [vol. %]

Rodzaj okruców skalnych	Numer próbki				
	1	6	10	16	21
Kwarc	61,5	64,5	67	66,5	72,0
Łupki metamorficzne	12,0	10,0	9,5	11,5	9,5
Piaszkowce i zlepierce	9,5	11,0	9,0	8,5	7,5
Granitoidy i skalenie	5,5	6,0	6,0	5,0	6,5
Porfiry	4,0	2,5	3,0	2,5	1,5
Gnejsy	3,5	3,0	2,5	3,0	1,5
Zieleńce	3,5	2,0	2,5	2,0	1,0
Diabazy	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5

Tabela 3

Skład mineralny frakcji ciężkiej, niemagnetycznej osadów potoku Kraszówka [‰ obj.]
 Mineral composition of heavy fraction, nonmagnetic in Kraszówka alluvial deposits [vol. %]

Numer próbki	Miejsce pobrania próbki	Minerały nieprzeznaczone	Granaty	Cyrkon	Pirokseny	Epidot	Staurolit	Amfibole	Rutyl	Dysten	Turmalin	Andaluzyt	Sylianit	Topaz	Leukoksen	Spinele przeznaczone	Inne
1	koryto	56,2	10,7	12,1	1,5	3,6	8,3	0,4	0,6	0,6	0,6	0,2	0,5	1,0	2,3	0,0	0,2
2	koryto	52,1	11,9	17,3	0,9	1,2	7,1	0,2	1,7	0,3	0,4	0,3	0,4	1,3	1,9	0,0	0,1
3	koryto	47,7	17,2	18,2	0,4	2,3	4,9	0,0	2,1	0,1	1,7	0,0	0,2	2,4	1,9	0,1	0,4
4	koryto	51,6	10,3	17,3	1,9	2,1	3,8	0,1	4,6	0,4	1,1	0,1	0,4	2,7	2,7	0,0	0,3
5t	taras	53,8	6,3	15,2	4,9	4,2	6,8	0,7	0,9	0,3	0,2	0,4	3,2	1,3	0,9	0,2	0,3
6	koryto	49,2	17,1	22,6	0,6	0,8	5,4	0,3	0,6	0,3	0,3	0,0	0,4	1,2	0,5	0,3	0,2
7	koryto	44,7	9,7	29,7	0,5	0,6	8,6	0,2	1,5	0,3	0,9	0,2	0,2	2,2	0,3	0,0	0,2
8	koryto	43,9	16,9	25,4	0,7	0,9	6,9	0,0	1,1	0,2	0,5	0,2	0,3	1,6	0,7	0,1	0,3
9t	taras	47,2	6,2	29,5	5,2	2,5	4,9	0,8	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	1,2	0,3	0,4	0,2
10	koryto	50,9	18,7	14,3	0,9	0,7	6,1	0,0	2,4	0,3	1,4	0,3	0,3	2,3	0,5	0,4	0,4
11	koryto	49,7	16,6	17,2	1,2	1,9	4,7	0,1	3,9	0,0	1,0	0,2	0,3	1,9	0,6	0,3	0,2
12	koryto	48,9	13,7	21,0	1,3	2,4	4,8	0,0	4,1	0,1	0,7	0,2	0,2	1,3	0,8	0,2	0,2
13	koryto	47,2	14,4	20,1	0,9	2,5	5,1	0,0	4,3	0,3	1,0	0,3	0,2	1,7	0,8	0,6	0,2
14	koryto	61,7	7,8	13,1	1,5	0,8	4,7	0,3	1,7	0,2	2,1	0,3	0,3	2,3	1,0	1,1	0,3
15	koryto	52,1	3,3	25,1	1,7	1,3	6,2	0,1	2,9	0,1	1,1	0,0	0,5	3,8	0,6	0,3	0,2
16	koryto	63,5	7,8	7,3	3,3	5,2	2,1	0,3	2,1	0,2	2,5	0,3	0,4	3,3	0,5	0,2	0,1
17	koryto	49,4	14,8	15,9	5,5	4,1	1,8	0,0	2,5	0,2	1,4	0,1	0,3	3,1	0,2	0,4	0,2
18t	taras	48,2	5,1	21,1	2,2	4,3	11,2	0,1	1,8	0,3	0,3	0,0	1,2	2,4	1,1	0,3	0,2
19	koryto	50,1	13,8	12,9	6,2	4,8	3,4	0,1	2,6	0,1	1,2	0,3	0,2	2,8	0,4	0,2	0,3
20t	taras	53,6	9,2	14,6	4,3	1,7	4,2	0,2	3,2	0,3	1,1	0,1	0,1	6,4	0,2	0,4	0,0
21	koryto	45,7	14,3	13,7	3,1	0,9	8,6	0,2	3,1	0,0	0,7	0,4	1,5	4,7	0,9	0,7	0,8
22t	taras	46,1	14,1	13,7	2,7	1,0	9,4	0,0	2,8	0,0	1,1	0,0	0,9	5,7	0,3	1,1	1,0
23	koryto	48,1	10,2	15,3	1,4	3,1	8,7	1,2	1,9	0,5	0,8	0,4	1,6	3,6	1,3	0,4	0,6
24t	taras	47,9	13,6	11,7	3,8	2,2	6,6	0,5	3,0	0,2	1,5	0,2	1,9	4,9	1,0	0,4	0,5
25t	taras	69,7	3,7	9,8	0,2	2,8	2,4	0,4	2,4	0,0	0,9	0,1	1,6	3,8	1,4	0,2	0,3

t – próbki pobrane z tarasów nadzalewowych / samples taken from terraces

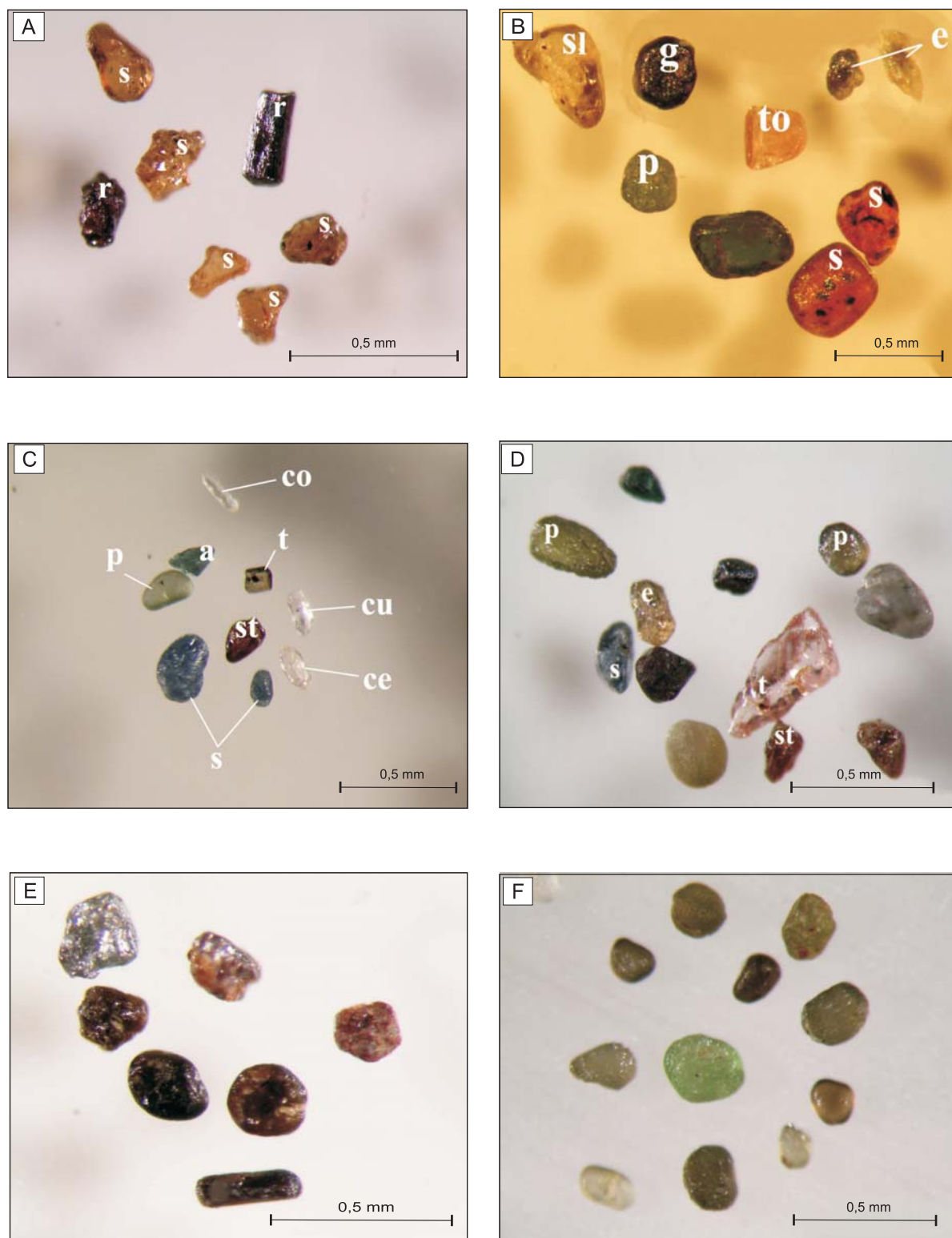


Fig. 4. Minerály przezroczyste z potoku Kraszówka

A. Staurolit (s), rutyl (r). **B.** Staurolit z czarnymi wrostkami (s), topaz (to), epidot (e), sylimanit (sl), granat (g), piroksen (p). **C.** Staurolit (st), turmalin (t), apatyt (a), spinele (s), piroksen (p), euhedralne ziarno cyrkonu (ce), ułamkowe ziarno cyrkonu (cu), dobrze obtoczone, owalne ziarno cyrkonu (co). **D.** Piroksen (p), epidot (e), niebieski spinel (s), staurolit (st), topaz (t). **E.** Rutyle. **F.** Różnobarwne epidoty

Transparent minerals of the Kraszówka stream

A. Staurolite (s), rutile (r). **B.** Staurolite with black inclusions (s), topaz (to), epidote (e), sillimanite (sl), garnet (g), pyroxene (p). **C.** Staurolite (st), tourmaline (t), apatite (a), spinels (s), pyroxene (p), euhedral zircon grain (ce), zircon grain fractions (cu), zircon well-carved oval grains (co). **D.** Pyroxene (p), epidote (e), blue spinel (s), staurolite (st), topaz (t). **E.** Rutile (r). **F.** Multicoloured epidotes

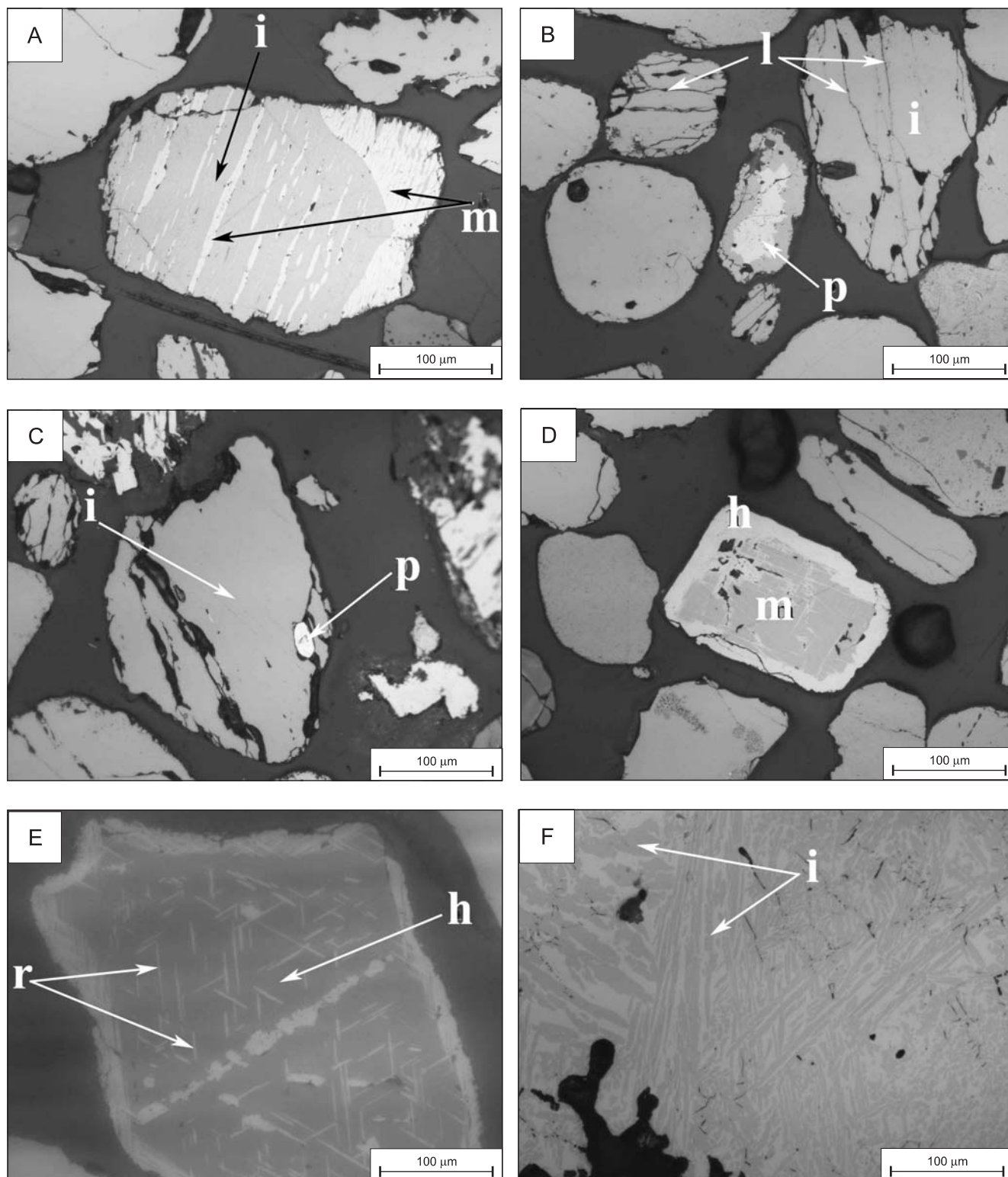


Fig. 5. Minerale nieprzezroczyste z potoku Krasówka

A. Ziarno ilmenitu (i) z lamelkowymi eksolucjami magnetytu (m). **B.** Struktura przemian ilmenitu (i) w leukoksen (l), ziarno ilmenitu z inkluzją pirytu (p). **C.** Ziarno ilmenitu (i) z wzrostkiem pirytu (p). **D.** Struktury przemian magnetytu (m) w hematyt (h) związane z procesami martytyzacji. **E.** Ziarno hematytu (h) z wzrostkami igłowych kryształów rutylu (r) – tzw. struktury eksolucyjne rutylu w hematycie. **F.** Ziarno hematytu z wzrostkami ilmenitu (i)

Opaque minerals of the Krasówka stream

A. Ilmenite grain (i) with magnetite (m) exsolutions. **B.** Transformation of ilmenite (i) into leucoxene (l), ilmenite grain with pyrite (p) inclusion. **C.** Ilmenite grain (i) with pyrite (p). **D.** Transformation of magnetite (m) into haematite (h) associated with martitization processes. **E.** Haematite grain (h) with needle rutil (r) – so-called Exsolution Rutile Structure in haematite. **F.** Haematite grain with ilmenite (i)

należą do frakcji niemagnetycznej: amfibole, andaluzyt, cyrkon, dysteny, epidoty, granaty, pirokseny, rutyle, spinele, staurolity, sylimanity, topazy i turmaliny. Minerale nie-

przezroczyste (fig. 5) – z wyjątkiem leukoksenu, piryty i złota rodzimego – należą do frakcji magnetycznej: ilmenit, limonit, magnetyt, pirotyt, złoto.

SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA ZŁOTA OKRUCHOWEGO

Analizę granulometryczną wykonano w sześciu klasach ziarnowych, przyjmując za średnicę długość złociny (oś a) w milimetrach. Podział na klasy ziarnowe, jednolity dla wszystkich próbek osadów złotoносnych, przedstawia się następująco: złoto pyłące (*dust gold*) 0,0–0,15 mm; złociny bardzo drobnoziarniste 0,16–0,25 mm; drobnoziarniste 0,26–0,50 mm; średnioziarniste 0,51–0,75 mm; gruboziarniste 0,76–1,0 mm; bardzo gruboziarniste >1 mm.

Główna część złocin przypada na frakcję 0,26–0,50 i 0,51–0,75 mm, które łącznie stanowią 86% złocin (fig. 6). Zawartość złota pyłącego jest prawie równa zero, ze względu na utratę najmniejszej frakcji złota okruchowego podczas panwiowego przepłukiwania osadów.

Wyniki oznaczeń morfogenetycznych, oparte na klasyfikacji Petrovskiej (1973) (fig. 7) wykazały, że najliczniejszą grupę złocin (48,8%) stanowią płytki i blaszki należące do 5 klasy genetycznej złocin oraz formy cementacyjno-grudkowe (32,6%) należące do 6 klasy genetycznej. Duży jest udział złocin 7 klasy genetycznej (11,6%). Złociny 4, 3 i 2 klasy stanowią w sumie 7%, a złociny 1 klasy genetycznej nie występują (fig. 8).

Obserwacje geologiczne oraz dane eksperymentalne wykazują przydatność stopnia obtoczenia ziarn złota (w powiązaniu z takimi parametrami morfologicznymi, jak spłaszczenie i stopień sfałdowania złocin) do oceny warunków hydrodynamicznych transportu i odległości od obszarów alimentacji.

Zasięg transportu najlepiej charakteryzuje klasa ziarnowa 0,2–1,5 mm, gdyż duże złociny w znacznej mierze ulegają abrazji *in situ*, w rezultacie ścierania przez lżejsze i twardsze minerały. W przypadku złocin bardzo drobnoziarnistych (0,16–0,25 mm) następuje znaczne spowolnienie procesu obtaczania i zanik abrazji po osiągnięciu wymiarów <0,032 mm (Utter, 1980).

Analiza stopnia obtoczenia złocin z osadów potoku Kraszówka wykazuje dominację ziarn półobtoczonych (IV stopień obtoczenia) i obtoczonych (V stopień), ich udział w utworach złotoносnych wynosi 76,5% (fig. 9).

Stopień spłaszczenia złocin zależy od ich wielkości, długości transportu oraz hydrodynamiki. Analiza współczynnika spłaszczenia złocin według Cailleux (1945) z osadów potoku Kraszówka wykazuje zmienność tego parametru w przedziale od 5,23 do 25,21 (fig. 10), z dominacją ziarn o współczynniku spłaszczenia powyżej 10, co wskazuje na transport na odległość kilkudziesięciu kilometrów.

Złoto okruchowe Kraszówki cechuje się obecnością deformacji mechanicznych (fig. 11), takich jak rozklepania, podgięcia i zagięcia krawędzi czy sfałdowania dobrze obtoczonych złocin dyskoidalnych i elipsoidalnych. Sporadycznie spotyka się także załamania fragmentów ziarn.

Procesy zginania i następnie przyklepywania do powierzchni złocin w planie osi a – b przyczyniły się do powstania struktur przypominających dwu lub kilku warstwową kanapkę (*sandwich structures*; Boyle, 1979). Obecność struktur kanapkowych wskazuje na wysoki współczynnik spłaszczenia oraz na długi transport złota w osadzie. Niektóre złociny z deformacjami mechanicznymi uległy procesom ponownego spłaszczania w dalszych etapach transportu.

Struktury powierzchniowe rozpoznane w badanych złocinach to:

- struktury impaktowe (fig. 12A), powstałe w wyniku zderzeń twardszych minerałów lub okruchów skał ze złotem okruchowym; są to wgłębienia, zadziory uderzeniowe oraz ślady poślizgu;
- struktury wleczeniowe (fig. 12D), utworzone podczas trakcji ziarna po dnie lub w czasie depozycji osadów złotoносnych;
- struktury z „rozsmarowania”, powstałe w procesie intensywnej abrazji, prowadzącej do powstania wtórnej frakcji złota „pyłącego”.

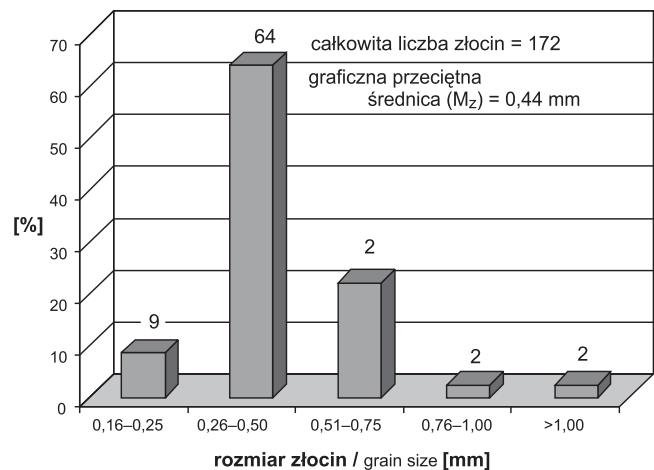


Fig. 6. Histogram rozkładu uziarnienia złota okruchowego (w % objętościowych)

Gold grain size distributions (in volume %)

Niektóre nierówności i zagłębienia na powierzchni złocin są wypełnione bezpostaciową krzemionką (fig. 7C) lub detrytycznym kwarcem. Brak wrostków pierwotnych minerałów świadczy o długim transporcie i/lub przemywaniu starszych paleorozsypisk. Ubytek wrostków minerałów pierwotnych w miarę transportu i prawie całkowity ich zanik następuje na dystansie 10–20 km od złóż pierwotnych (Wierchowicz, 2002).

W wyniku badań w mikroobszarze rozpoznano dwa typy mikrostruktur:

- krystaliczne przerosty – zbudowane z wydłużonych, cienkich płytek o zróżnicowanych wymiarach; poszczególne płytki krystalicznego złota są zorientowane w kierunku krystalograficznym, dając efekt struktury wielowarstwowej lub tworzą przerosty pod różnymi kątami (fig. 12F); przerosty tego typu występują

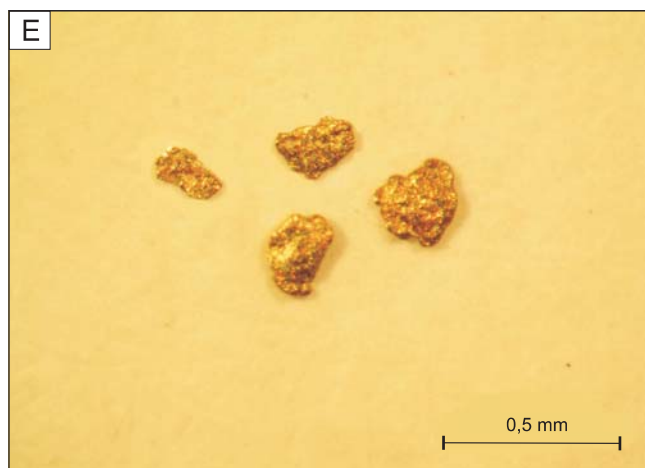
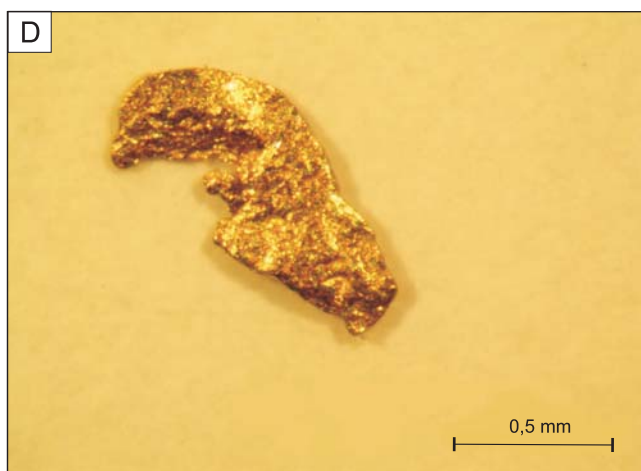
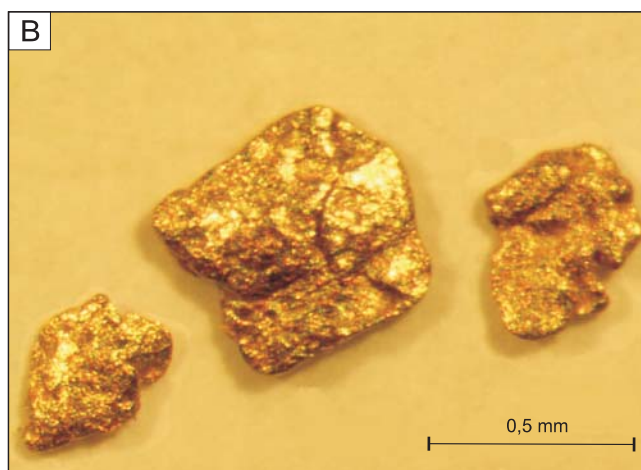
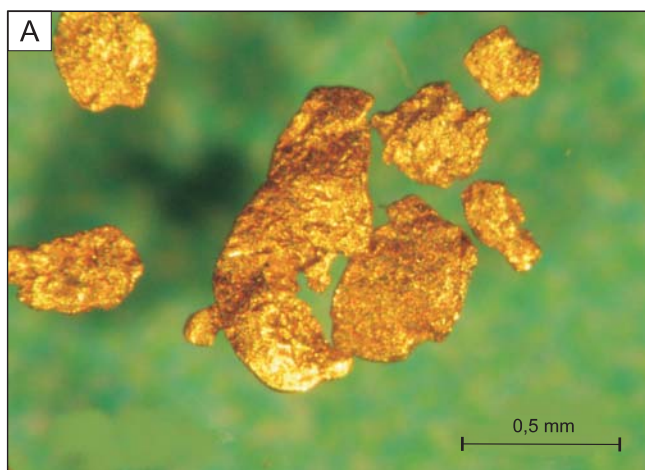


Fig. 7. Klasy morfogenetyczne badanych złocin według Petrovskiej (1973)

A. Blaszkki i płytki – klasa 5. **B.** Formy cementacyjno-grudkowe – klasa 6. **C.** Masywna forma cementacyjno-grudkowa, widoczne na powierzchni nierówności i zagłębienia częściowo wypełnione bezpostaciową krzemionką – klasa 6. **D.** Formy haczykowato-gąbkowe – klasa 7. **E.** Formy kropłowo-ameboidalne – klasa 4

Morphogenetic class of placer gold grains by Petrovskaya (1973)

A. Plaques and plates – class 5. **B.** Cementation-popular forms – class 6. **C.** Solid cementation-popular form, unevenness and depressions of the surface partially filled with amorphous silica – class 6. **D.** Hooked-sponge form – class 7. **E.** Dropper form – class 4

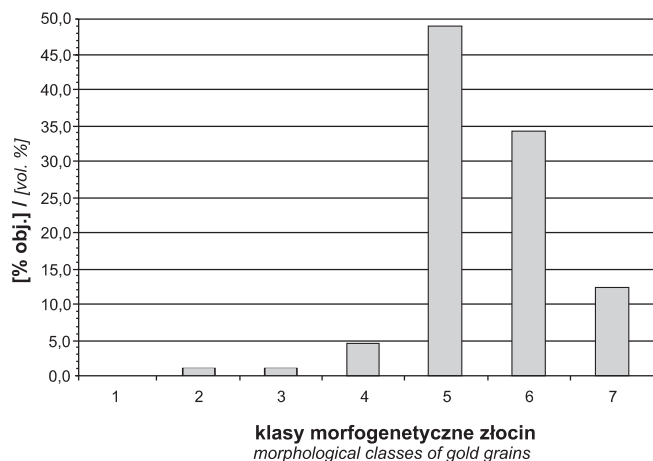


Fig. 8. Klasy morfogenetyczne złocin w osadach potoku Kraszówka

4 – krople i ameboidy; 5 – blaszki, płytki, plewki; 6 – formy cementacyjno-grudkowe; 7 – formy gąbkowe i haczykowane

Histogram of shape classification in Kraszówka alluvial deposits

4 – drops and ameboids; 5 – plaques and tiles; 6 – cementation – follicular forms; 7 – spongy and hooked forms

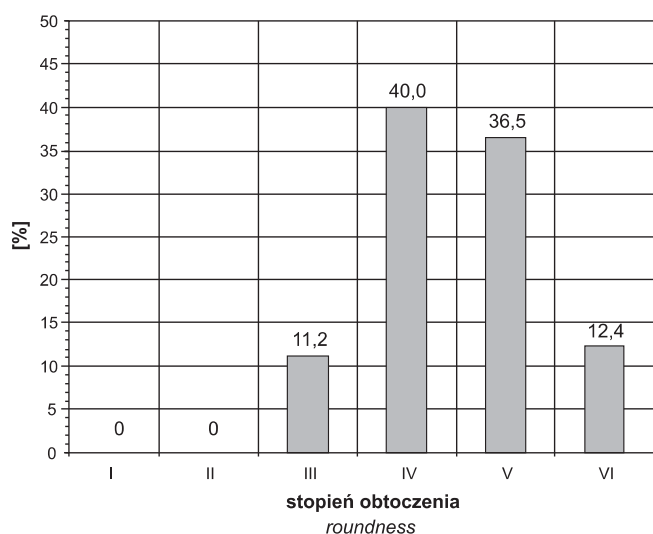


Fig. 9. Histogram obtoczenia złocin wg wzorca Powersa (1953) dla złocin z osadów aluwialnych doliny Kraszówki

Oznaczenia stopnia obtoczenia: I – bardzo ostrokrawędziste, II – ostrokrawędziste, III – półostrokrawędziste, IV – półobtoczzone, V – obtoczzone, VI – dobrze obtoczzone

Histogram of roundness data (after Powers, 1953) for gold particles in Kraszówka alluvial deposits

Roudness categories: I – very angular, II – angular, III – subangular, IV – subrounded, V – rounded, VI – well rounded

głównie w zagłębieniach i wklęsłościach na powierzchni oraz w strefach zgięć i sfałdowań złocin;

- gąbczaste i pęcherzykowate inkrustacje złota amorficznego, o dużej porowatości, występujące w asocjacji z minerałami ilastymi w formie niewielkich skupień w zagłębieniach na powierzchni złocin (fig. 12B, C, E); struktury te mogą być wynikiem koagulacji koloidów lub ich adsorpcji przez żelaziste minerały ilaste wypełniające kawerny na powierzchni złocin (Boyle, 1979).

Oba typy mikrostruktur wskazują na wytrącanie złota z roztworu i jego rekrystalizację. Sposoby migracji złota są zależne od: parametrów fizykochemicznych środowiska, klimatu, składu mineralnego wietrzejących skał i warunków hydrogeologicznych. Dopuszcza się możliwość grawitacyjnego przemieszczania się większych cząstek złota szczelinami do niższych części złoża, lecz dominuje pogląd o możliwości migracji złota w formie roztworów rzecznych i koloidalnych (Gruszczyk, 1984). Ich powstawaniu sprzyja obecność złota drobnodispersyjnego, a jego wytrącenie może nastąpić w wyniku działania elektrolitów, którymi mogą być roztwory koloidalne zawierające odmiennie naładowane cząstki. Inne hipotezy uwzględniają możliwość przechodzenia złota do roztworów (*op. cit.*):

1. W formie koloidalnej, głównie w strefie wód powierzchniowych i wód gruntowych osadów eluwialno-aluwialnych, transport cząsteczek Au^0 w formie koloidów bądź jako jony Au^+ , Au^{3+} w ochronnej otoczce innych koloidów, koagulacja zachodzi w środowisku kwaśnym.

2. W postaci związków hydrokompleksowych typu $[AuOH(H_2O)]^0$ – strefa utlenienia złóż złota.

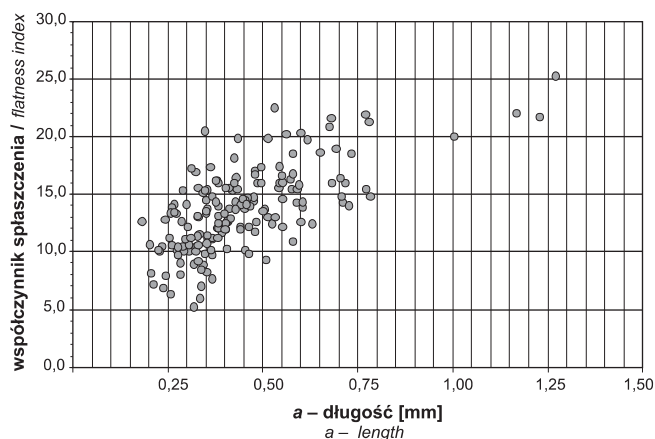


Fig. 10. Współczynnik spłaszczenia Cailleux [(a+b)/2c] (1945) dla złocin z osadów aluwialnych Kraszówki

Cailleux flatness index [F.I. = (a+b)/2c] (1945) for gold particles in Kraszówka alluvial deposits

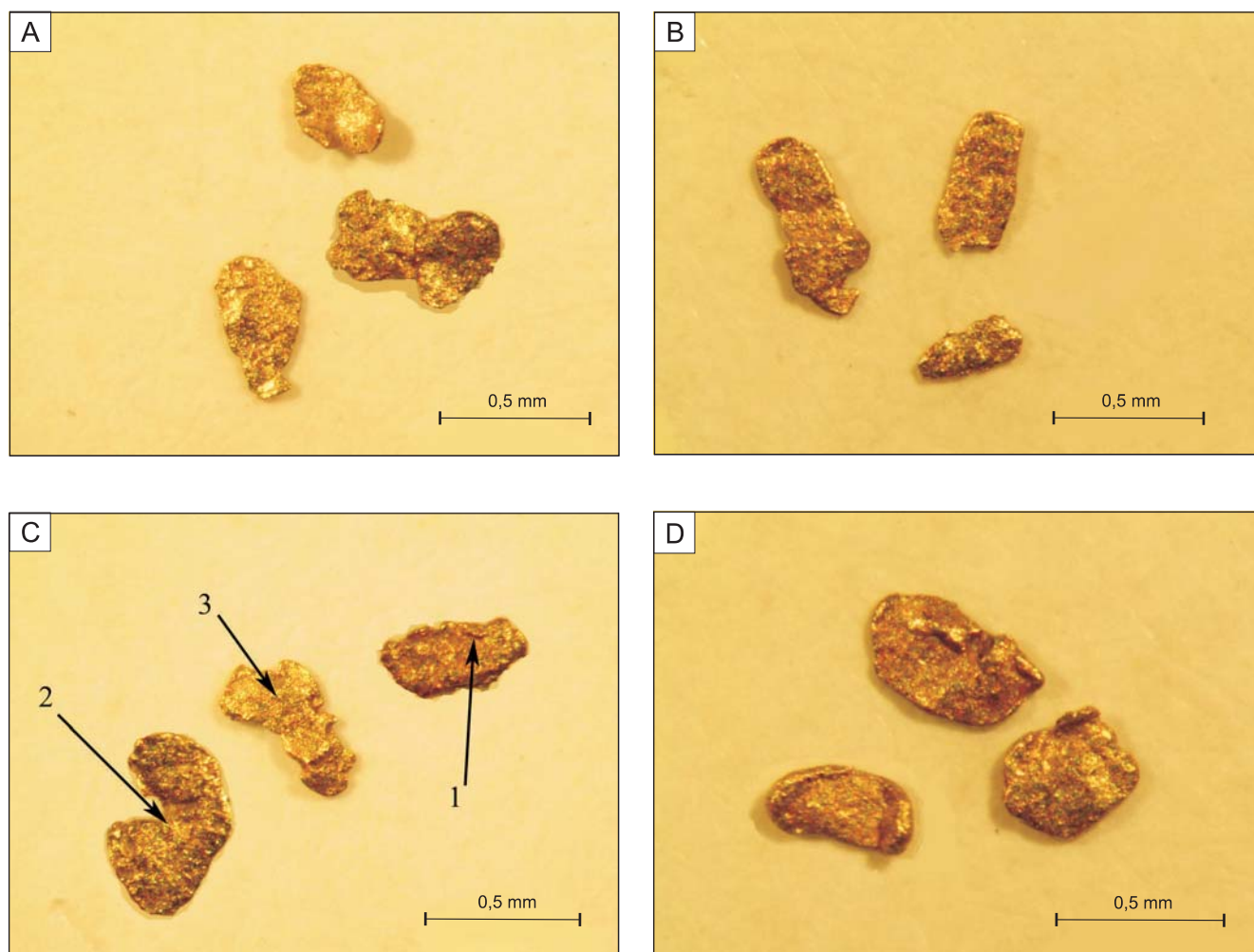


Fig. 11. Przykłady deformacji mechanicznych złocin

A. Rozklepania, podgięcia i zagięcia krawędzi złocin. **B.** Intensywne rozklepywanie złocin wrzecionowatych, z zachodzącym równolegle procesem łamania ekstremalnie cienkich partii ziarna. **C.** Fałdowanie złociny wrzecionowatej (1) o niskim współczynniku spłaszczenia, zgięcie ziarna wrzecionowatego (2) oraz ślady rozklepań (3). **D.** Zaginanie i przyklepywanie do powierzchni złociny

Mechanical deformation of placer gold grains

A. Oblates and bendings of placer gold grains. **B.** Oblating of spindle gold grains, occurring in parallel with the grain breaking process. **C.** Folding of spindle gold grains (1) of low flattening index, bending of spindle grains (2), and oblatting traces (3). **D.** Bending and oblatting to the gold grain surface

3. W postaci mobilnych związków kompleksowych z siarką – w złożach siarczkowych (np. w wyniku rozkładu złotonośnego pirytu i arsenopirytu). Wraz ze wzrostu potencjału redox dochodzi do destrukcji kompleksów i wytrącenia „nowego” złota.

4. Jako związki kompleksowe z chlorem – obszar suchego klimatu, z intensywnym wietrzeniem laterytowym. Związki Au^{3+} typu AuCl_4^- są mobilne przy niskim pH i dużej aktywności Cl^- . Wraz ze wzrostem alkaliczności oraz w obecności związków żelaza często ulega wytrąceniu i sorbcji na tych minerałach, powodując powstanie metalicznego złota „nowego” (Greffie i in., 1996).

5. W formie zaadsorbowanej przez koloidy organiczne i nieorganiczne – w strefach ubogich w siarkę i chlor. W rejonach wietrzenia żył kwarcowych złoto jest transportowane z wodami powierzchniowymi jako kompleksy typu $[\text{AuOH}(\text{H}_2\text{O})]^\circ$. W strefie wód gruntowych osadów aluwialnych ulegają one redukcji do złota koloidalnego lub są absorbowane przez uwodnione tlenki Fe i Mn (*op. cit.*).

6. W postaci związków kompleksowych kwasów humusowych – w strefie wiecznej zmarzliny. Podczas zamarzania woda wypycha poza strukturę kryształu lodu rozpuszczone domieszki, które pokrywają cienką warstewką okruchy skalne, stwarzając warunki do migracji złota.

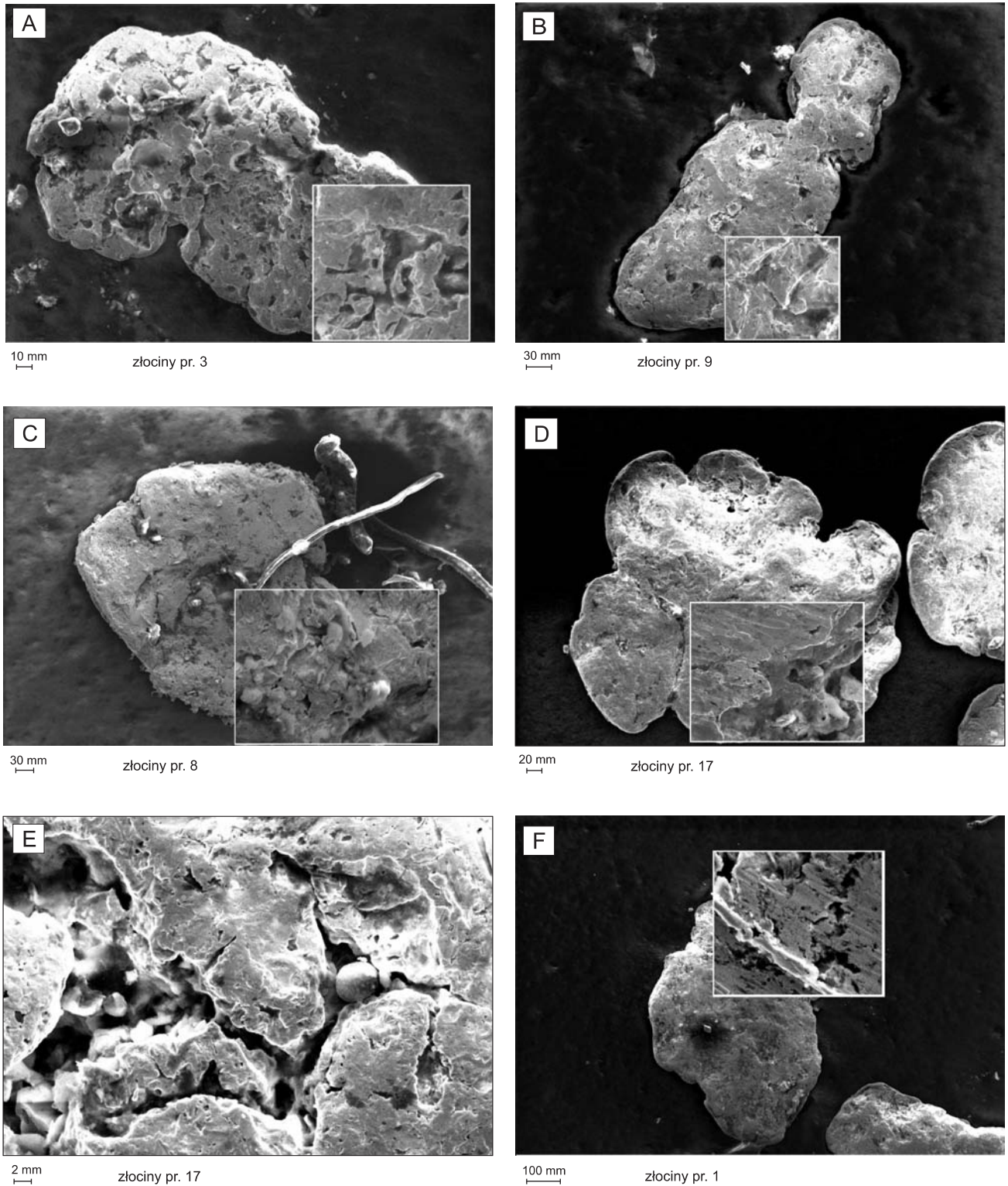


Fig. 12. Mikrostruktury obserwowane na powierzchni złocin (obraz skaningowy)

A. Struktury impaktowe w postaci zagłębień. **B.** Drobnorodczkowe inkrustacje złota amorficznego o gąbczastej, porowatej strukturze. **C.** Banieczkowate inkrustacje złota amorficznego o gąbczastej, porowatej strukturze. **D.** Struktura wleczeniowa w postaci śladów poślizgu. **E.** Banieczkowate inkrustacje złota amorficznego w asocjacji z minerałami ilastymi wypełniającymi nierówności na powierzchni ziarna złota. **F.** Porowata struktura będąca efektem narastania krystalicznego złota

Secondary electron images of the surface texture of gold particles

A. Depressional structures of the impactor type inlet. **B.** Longitudinal incrustations of amorphous gold of spongy and porous structure. **C.** Bubble incrustations of amorphous gold of spongy and porous structure. **D.** Drag structure in the form of skid marks. **E.** Bubble incrustations of amorphous gold in association with clay minerals filling unevenness of placer gold grains. **F.** Porous structure due to accumulation of crystalline gold

WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań terenowych i laboratoryjnych stwierdzono, że w osadach aluwialnych Kraszówki występuje złoto okruchowe oraz minerały ciężkie (fig. 4). Najliczniejszą grupę złocin stanowią płytki i blaszki oraz złociny dobrze i średnio obtoczone (fig. 7). Złoto okruchowe jest drobne (ponad 80% ogólnej liczby złocin) z niewielką domieszką złota grubego. W przeliczeniu na g/m^3 zawartość złota wynosi od 0 do $0,2 \text{ g/m}^3$. Wśród minerałów ciężkich, około 90% masy szlichu stanowią cyrkon, granat, staurolit i ilmenit. Pozostałą część masy szlichu stanowią: magnetyt, rutyl, turmalin, topaz, epidot, pirokseny, sylimanit, dysten, anataz i leukoksen.

Na podstawie składu petrograficznego szlichów trudno jednoznacznie określić rodzaj skał macierzystych i wskazać obszar alimentacji. Ponieważ większość znalezionych minerałów stanowią minerały ciężkie, które charakteryzują się dużą odpornością na wietrzenie, należy sądzić, że badane osady były transportowane na duże odległości. Skład petrograficzny osadów złotonośnych we frakcji $>8,0 \text{ mm}$ oraz występowanie złota wskazuje, że większość materiału w aluwialnych Kraszówki jest pochodzenia lokalnego – sudeckiego. Dobrze obtoczony mleczny kwarc, łupki krzemionkowe i minerały ciężkie świadczą o dojrzałości osadów Kraszówki. Autor zauważył, że skład minerałów ciężkich i skład otoczek we frakcji $>8 \text{ mm}$ jest zbliżony, co świadczy, że aluwia potoku Kraszówka pochodzą głównie z przemycia osadów plejstoceniowych (tworzących wysoczyznę morenową) i paleogeńskich złotonośnych „białych” żwirów.

Związek okruchowych koncentracji złota w potoku Kraszówka z mineralizacją pierwotną można przedstawić (zgodnie ze schematem: źródło pierwotne \rightarrow źródło pośrednie \rightarrow

osady złotonośne), odpowiednio: serie skalne metamorfiku kaczawskiego z żyłami złotonośnymi oraz utwory ze złotonośną mineralizacją z pogranicza cechsztyńskich łupków miedzionośnych i utworów czerwonego spagowca \rightarrow paleogeńskie żwiry złotonośne \rightarrow koncentracje okruchowe złota w holoceniowych aluwialnych.

Różnorodność struktur morfologicznych złota rozsypiskowego w potoku Kraszówka świadczy o zróżnicowanym sposobie transportu złota (fig. 7), który mógł odbywać się jako:

1. Transport w zawieszynie – głównie ziarna blaszkowo-płytkowe (fig. 7A) o dużym współczynniku spłaszczenia oraz złoto „pyłące”. Ten typ transportu zachodził głównie w środowisku proluwialnych stożków żwirowo-piaszczystych.

2. Transport chemiczny – ziarna o strukturach gąbczasto-porowatych, cementacyjno-grudkowych lub haczykowato-gąbkowych (fig. 7B–D). Złoto było transportowane w postaci mobilnych związków kompleksowych, koloidów lub drobnodispersyjnych zawiesin poniżej poziomu zwierciadła wód gruntowych. Dzięki dużej zdolności migracji w postaci jonowej i koloidalnej złoto mogło być transportowane na długich dystansach. Wytrącanie złota następowało w wyniku zmian warunków fizykochemicznych.

3. Transport mechaniczny – ziarna o strukturach gąbczastych, robaczkowo-pęcherzykowatych lub w formie przerostów kryształów, transportowane jako wrostki złota pierwotnego w okruchach i otoczkach mlecznego kwarcu (fig. 12). Transport mechaniczny odegrał najważniejszą rolę w plejstocenie, kiedy to w wyniku działalności fluwio-glacialnej znaczna część złota z paleogeńskich żwirów dostała się do osadów wodnolodowcowych, lodowcowych i aluwialnych.

LITERATURA

- BOYLE W.R., 1979 — The geochemistry of gold and its deposits. *Canada Geol. Surv. Bull.*, **280**.
- CAILLEUX A., 1945 — Distinction des galets marins et fluviaux. *Bull. Soc. Géol. France*, **15**: 375–404.
- CYMERMAN Z., 1997 — Strefy ścinania a złoto w Sudetach. *W: Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych. Geneza, występowanie, perspektywy. Konf. Nauk. 19–21 czerwca 1997. Wyd. UWroc., Wrocław.*
- FOLK R.L., WARD W.C., 1957 — Brazor River bar: a study of significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, **27**, 1: 3–26.
- GREFFIE C., BENEDETTI M., PARRON C., AMOURIC M., 1996 — Gold and iron oxide associations under supergene conditions: An experimental approach. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **60**: 1531–1542.
- GROCHOLSKI A., 1965 — Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów, skala 1:25 000, ark. Kraszowice. Wyd. Geol., Warszawa.
- GRUSZCZYK H., 1984 — Nauka o złożach. Wyd. Geol., Warszawa.
- PETROVSKAJA N.V., 1973 — Native gold: 213–216. Nauka, Moskwa.
- POWERS M.C., 1953 — A new scale for sedimentary particles. *J. Sedim. Petrol.*, **23**: 117–119.
- SPECZIK S., WOŁKOWICZ W., 1995 — Origin of alluvial gold – a case study of Bóbr river deposits. *W: Mineral deposits: from their origin to their environmental impacts (red. J. Pasava i in.). Proc. 3rd Biennial SGA Meeting. Prague, 28–31 August 1995: 195–198. Balkema, Rotterdam.*
- UTTER T., 1980 — Rounding of ore particles from the Witwatersrand gold and uranium deposit (South Africa) as an indicator of their detrital origin. *J. Sedim. Petrol.*, **50**, 1: 71–76.
- WIERCHOWIEC J., 2002 — Morphology and chemistry of placer gold grains – indicators of the origin of the placers: an example from the East Sudetic Foreland, Poland. *Acta Geol. Pol.*, **52**: 563–576.
- WOJCIECHOWSKI A., 1994 — Złotonośność dorzeczy Odry. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*