

Andrzej GRODZICKI\*

## LITOSTRATYGRAFIA, PETROGRAFIA I MINERALOGIA KENOZOICZNYCH PIASKÓW ZŁOTONOŚNYCH DOLNEGO ŚLĄSKA

Scharakteryzowano wystąpienia złota w luźnych okrucowych skałach występujących na Dolnym Śląsku. Zwrócono uwagę na litostratygrafię, petrografię i mineralogię tych utworów. Dla celów ustalania litostratygrafii kenozoicznych osadów złotonośnych został opracowany przez Grodzickiego „miernik czasu” oparty na zasadzie wzrostu entropii i teorii denudodezagregacji. Autor wyróżnił cztery etapy formowania się osadów złotonośnych. Do etapu I oligoceńsko-neogeńskiego należą osady o najwyższych koncentracjach złota i maksymalnych zawartościach Au w ziarnach. Współczynniki denudodezagregacji  $D$  mają tu bardzo wysokie wartości. Do etapu II – preglacialnego zaliczane są osady o niższych koncentracjach złota, a współczynniki  $D$  mają mniejsze wartości. Utwory złotonośne etapu III (plejstocenińskiego) i IV (holocenińskiego) charakteryzują się najniższymi koncentracjami złota i najmniejszymi zawartościami Au w ziarnach.

### WPROWADZENIE

Piaski złotonośne występujące na terenie Polski południowo-zachodniej przyciągają uwagę człowieka od tysiącleci a ich eksploatacja miała przez pewien czas znaczący wpływ na ekonomiczny i polityczny rozwój Śląska. Obecnie notuje się coraz większy wzrost zainteresowania genezą tych sedimentów, ich wiekiem, składem petrograficzno-mineralogicznym oraz stosowanymi metodami badań. Czynniki te warunkowały różną koncentrację złota w osadach, od której z kolei uzależniona była wielkość i sposób eksploatacji tego kruszcu w przeszłości, a także planowane kierunki prac poszukiwawczych za piaskami złotonośnymi, które będą prowadzone w przyszłości.

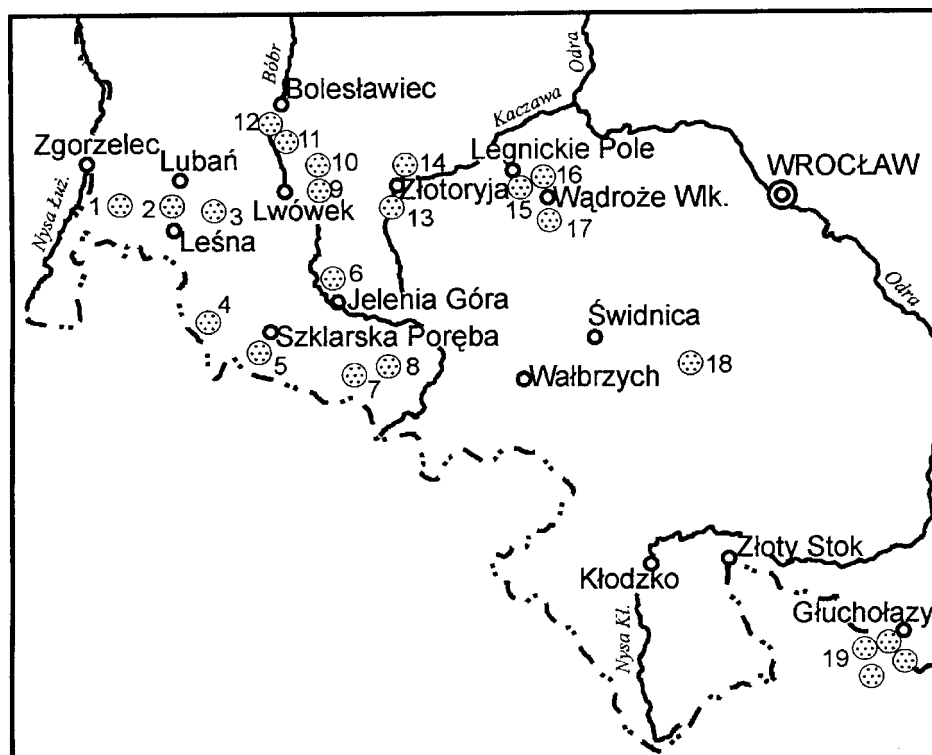
### ROZSYPISKA ZŁOTONOŚNE DOLNEGO ŚLĄSKA W ŚWIETLE METODY DENUDODEZAGREGACJI

Główne wystąpienia historycznie udokumentowanych i eksploatowanych od czasów starożytności tak zwanych „piasków złotonośnych” na Dolnym Śląsku ciągną się pasmem długości około 54 kilometrów od Wądroża Wielkiego i Mikołajowic na

---

\* Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, 50-204 Wrocław, pl. M. Borna 9, Polska.

wschodzie, przez Złotoryję do Lwówka Śląskiego i Bolesławca na zachodzie. Na południu wystąpienia złota w osadach spotykane są w bloku karkonosko-izerskim. Eksploatacja tego kruszcu z piasków i żwirów prowadzona była także w innych miejscach Dolnego Śląska np. w okolicach Strzegomia i Świdnicy, Górach Sowich, regionie kłodzkim i Sudetach Wschodnich, zwłaszcza zaś na terenach złotonośnych Głucholazów łączących się z przyległym obszarem Złatych Hor i Jesenika w Czechach (Grodzicki, 1972). W ciągu ostatnich kilkunastu lat w wyniku prac poszukiwawczych prowadzonych przez autora, a także pracowników Państwowego Instytutu Geologicznego, stwierdzono nowe wystąpienia złota w kenozoicznych skałach okruchowych Polski południowo-zachodniej (rys. 1).



Rys. 1. Mapa wystąpień niektórych koncentracji złota w piaskach i żwirach na Dolnym Śląsku:  
 1 – Sulików, 2 – Grodnica, 3 – Olszyna, 4 – Świeradów, 5 – Szkłarska Pręba, 6 – Jelenia Góra,  
 7 – Karpacz, 8 – Leszczyniec, 9, 10 – rejon na wschód od Lwówka Śląskiego, 12 – Bolesławiec,  
 13 – rejon Jerzmanic, Sepowa, Polnej, 14 – Złotoryja, Kopacz, 15–17 Legnickie Pole, Mikołajowice,  
 Wądroże Wielkie, 18 – Uliczno, 19 – rejon Głucholazów

Fig. 1. Map of occurrence of selected gold concentrations in sands and gravels of Lower Silesia

Zdaniem autora szczególnie istotnym czynnikiem wpływającym na tworzenie się złóż rozsypiskowych złota był proces denudodezagregacji. Jego nazwa nadana przez

A.Grodzickiego pochodzi od słów: *denudare* – odsłaniać, *aggregatus* – agregat, *dezagregacja* – dezintegracja, rozpad agregatów na elementarne cząstki proste na tym poziomie organizacji materii, czyli ziarna monomineralne (Grodzicki, 1987, 1989).

Proces dotyczy więc stopnia oswobodzenia ziarna monomineralnego złota i innych minerałów z agregatów polimineralnych. Im większa jest zachodząca w czasie intensywność tego zjawiska, tym znaczniejsza jest koncentracja wolnego złota w poszczególnych frakcjach mineralnych, a tym samym zwiększa się prawdopodobieństwo jego odkrycia w czasie prowadzonych prac poszukiwawczych. Złoto jest wtedy łatwiejsze do zauważenia a następnie odzysku z osadów okruchowych.

Dla celów ustalania litostratygrafii kenozoicznych skał złotonośnych został opracowany przez autora entropijny miernik czasu oparty na teorii denudodezagregacji (Grodzicki, 1989, 1997). Po krótko przedstawiając te zagadnienia – uwzględnia się w osadach stosunek macierzystych agregatów polimineralnych ( $A$ ) do potomnych ziaren monomineralnych ( $Z_m$ ), które powstały w wyniku dezintegracji skał. Zasadę można przedstawić według ogólnego schematu:

$$\begin{array}{ccc} t_0 & & t \\ A_0 & \rightarrow & \frac{A}{Z_m} \end{array}$$

gdzie:  $A_0$  – macierzyste agregaty polimineralne w chwili początkowej ( $t = 0$ ) skały in situ,  $A$  – liczba agregatów polimineralnych pozostała w osadzie po upływie czasu  $t$ ,  $Z_m$  – liczba potomnych ziaren monomineralnych powstała po upływie czasu  $t$ . Prędkość przejścia ( $V$ ) między stanem początkowym układu ( $A$ ) a końcowym ( $Z_m$ ) określa współczynnik denudodezagregacji, który jest obliczany odpowiednimi wzorami dla poszczególnych frakcji ( $d$ ) i dla całości osadu  $D$ .

$$d = \frac{A + 2M + 3Z_m}{n}$$

$$D = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + dN_f}{N_f}$$

gdzie:  $A$  – liczba agregatów polimineralnych,  $M$  – liczba mikrocząstek mineralnych (mniej niż 1/4 powierzchni ziarna zajęta jest przez zrost),  $Z_m$  – liczba ziaren monomineralnych (o powierzchni uwolnionej od innych minerałów),  $n$  – ogólna liczba przeanalizowanych ziaren badanej frakcji,  $N_f$  – liczba zbadanych frakcji.

Zależność tę zgodnie z zasadą wzrostu entropii można przedstawić jako proces wyznaczający nam kierunek upływu czasu:  $A \rightarrow M \rightarrow Z_m$ . Ma to istotne znaczenie w ustalaniu stratygrafii osadów i korelacji wiekowej warstw skalnych. Denudodezagregacja w zasadniczy sposób wpływa na skład granulometryczny,

petrograficzny i mineralogiczny osadów, a także na morfologię ziarna mineralnego i jego czystość powierzchni. Proces ten jest złożony i zależy od wielu czynników przyrodniczych, a w szczególności od odporności skał, selektywnego transportu osadów w warunkach naturalnych, wietrzenia, a te z kolei zależą od składu petrograficznego skał, rzeźby terenu i czynników klimatycznych zmieniających się w czasie.

Denudodezagregacja zachodzi szczególnie intensywnie w okresach cieplejszych i wilgotniejszych w wyniku destrukcyjnego działania wietrzenia chemicznego co objawia się w osadach wysokimi wartościami współczynnika  $D$ . W okresach zimnych ów proces zachodzi wolniej, następuje przewaga wietrzenia fizycznego, które nawet w drobniejszych frakcjach powiela liczbę agregatów polimineralnych a zmniejsza zawartość ziaren monomineralnych co uwidacznia się w sedimentach niższymi wartościami współczynnika  $D$ . Połączenie wyników badań denudodezagregacji z wiadomościami na temat ewolucji paleoklimatu zmieniającego się w różnych okresach trzeciorzędu, plejstocenu i holocenu stwarza przesłanki do śledzenia historii rozwoju osadów złotonośnych i ustalania ich litostratygrafii.

Złoto jest doskonałym, lecz nie jedynym wskaźnikiem owego „zegara denudodezagregacyjnego”, a to z trzech powodów:

1. Dzięki zwartości tak charakterystycznego minerału jakim jest złoto, warstwy zawierające ten metal stają się reperowe. Jest to istotne ze względu na dużą monotonność okruchowych skał kenozoicznych i bardzo częsty brak w tych osadach datujących szczątków organicznych.

2. Tworzy złotonośne cechuje duża rozciągłość przestrzenna i czasowa trwająca od neogenu po holocen, co umożliwiło rozwinięcie się pełnych cykli denudodezagregacyjnych.

3. Złoto ze względu na swoją odporność może służyć jako „wzorzec” historii osadów, nie podlegający tak łatwo czynnikom niszczącym, zwłaszcza chemicznym, dzięki czemu jego powierzchnia osiąga maksymalny stopień oswobodzenia i czystości.

W załączonej tabeli 1 przedstawiono różnice w stopniu denudodezagregacji, to jest oswobodzenia i czystości powierzchni ziaren złota znajdujących się w osadach uformowanych w różnych okresach kenozoiku. Wyniki zamieszczone w kolumnie 4 i 5 tej tabeli zostały uzyskane za pomocą mikrosondy elektronowej. Badania przeprowadzono na AGH w Krakowie i w Pracowni Mikroskopii Elektronowej PIG w Warszawie, korzystając z mikrosondy EDS-ISIS (prod. Oxford Instruments). Posłużono się programem analizującym powierzchnie nierówne PB-Quant, który po zastosowaniu niezbędnej metody korekcyjnej ZAF umożliwia określenie ilościowego składu chemicznego z dokładnością do 5% wartości mierzalnej.

Autor wyróżnił cztery etapy formowania się rozsypisk złotonośnych w Polsce południowo-zachodniej (Grodzicki, 1989). Osady uformowane w czasie owych etapów różnią się między sobą położeniem geomorfologicznym, składem petrograficznym, paragenezami minerałów ciężkich, koncentracją złota, cechami morfoskopowymi, morfologicznymi i składem chemicznym ziarna, czystością jego

powierzchni, malejącą dojrzałością składnikową oraz niższymi współczynnikami denudodezagregacji  $D$  w kierunku młodszych stratygraficznie serii osadów.

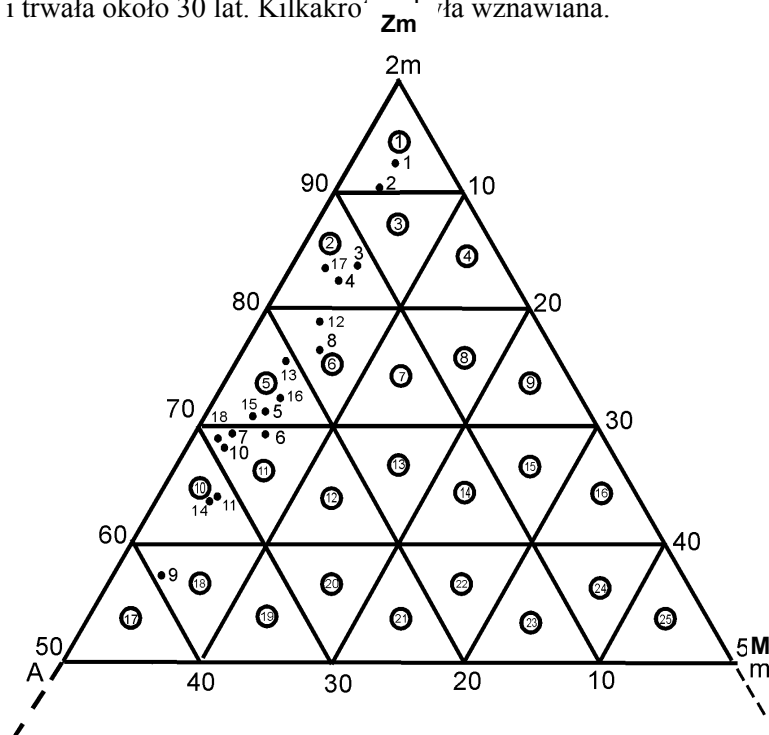
Oswobodzenie ziaren złota z agregatów polimineralnych ma zdaniem autora związek z cyklicznymi wahaniami klimatycznymi, które zachodziły od paleogenu do holocenu. Proces ten na większą skalę odbywał się w czasie trwania lub bezpośrednio po okresach kolejnych ociepleń klimatu co w czasach historycznych, a także wcześniejszych wiązało się ze zjawiskiem tak zwanego „odnawiania się” poprzednio wyeksploatowanych okrucowych złóż złota i kontynuowaniem jego wydobywania.

## ETAPY FORMOWANIA SIĘ ROZSYPISK ZŁOTONOŚNYCH NA DOLNYM ŚLĄSKU

### **Etap I – oligoceńsko-neogeński**

W wyniku intensywnego wietrzenia chemicznego zachodzącego w wilgotnym i ciepłym klimacie, który wtedy panował nastąpiła intensywna dezintegracja pierwotnych złotonośnych skał macierzystych i rozpad ich na ostrokrawędziste żwiry i piaski. Początkowo miały one charakter utworów eluwialno-deluwialnych. Ten najwcześniejszy etap tworzenia się złóż rozsypiskowych złota znany jest między innymi z rejonu Legnickiego Pola, Mikołajowic, Wądroża Wielkiego (rys.1). Według A. Grodzickiego (1972) w składzie petrograficznym tych osadów w różnych frakcjach ziarenowych zdecydowanie dominuje biały kwarc żyłowy (miejscami do 91%), kwarc niebieski będący głównym składnikiem granitognejsów z Wądroża Wielkiego (4,8–45%), łupki kwarcytowe (przeciętnie – 5,1%), lidyty, fyllity, granitognejsy z Wądroża Wielkiego i inne. Minerale ciężkie we frakcjach drobnoziarenistych reprezentowane są przez cyrkon (15–38%), leukoksen (22–33%), rutil, anataz, turmalin, brukit, korund i inne. Złoto występuje w formie ziaren ostrokrawędzistych, nie obtoczonych, niekiedy w przerostach z kwarcem. Jego większe koncentracje stwierdza się w stropie wkładek ilastych oraz nad wychodniami granitognejsów z Wądroża Wielkiego. Należy zaznaczyć, że złoto występujące w okolicach Legnickiego Pola – Wądroża Wielkiego miało więcej zanieczyszczeń i domieszek niż złoto z okolic Złotoryi, które zawierało mniej srebra. Odbiło się to na różnej wartości tego kruszcu. Dokument pochodzący z 27 maja 1345 roku określa grzywnę złota z Mikołajowic na 11,5 marki, natomiast grzywnę złota ze Złotoryi na 12 marek (Grodzicki, 1972). Analiza składu chemicznego złota wykonana za pomocą mikros sondy elektronowej wykazała 90,4% Au i około 9,8 % Ag (tabela). Denudodezagregacja osadów złotonośnych okolic Legnickiego Pola – Wądroża Wielkiego jest znaczna. Współczynnik  $D$  osiąga wartość w granicach 2,8. Na trójkącie denudodezagregacji (rys. 2) utwory te grupują się w

szczytowej części trójkąta w polu nr 1. Eksploatacja tych złóż rozpoczęła się około 1340 roku i trwała około 30 lat. Kilkakrotnie była wznawiana.



Rys. 2. Rozmieszczenie kenozoicznych osadów złotoносnych Dolnego Śląska na trójkącie denudodezagregacji. Na rogach trójkąta zaznaczono: A – agregaty polimineralne, M – mikrozrosty mineralne, Zm – ziarna monomineralne

Fig. 2. Place of Cainozoic gold-bearing sediments of Lower Silesia on denudodisaggregation triangle. Triangle corners: A – polymineral aggregates, M – mineral microgrowths, Zm – monomineral grains

W wyniku powierzchniowych ruchów masowych złotoносny materiał eluwialny i deluwialny dostawał się do koryt rzecznych, po czym podlegał w warunkach naturalnych selektywnemu transportowi. W sprzyjających dla depozycji miejscach następowało ponowne jego unieruchomienie, gdzie był znowu poddawany niszczącemu działaniu wietrzenia w ciepłym i wilgotnym klimacie neogenu. Ten późniejszy w porównaniu do poprzedniego okres formowania się rozsypisk złotoносnych obserwowany jest między innymi na północ od Lwówka Śląskiego, a także w rejonie Złotoryi koło Sępowa, Nowej Ziemi i Jerzmanic (Grodzicki, 1972). Spotykane tu złoto nie ma związku genetycznego z rejonem Legnickiego Pola, Mikołajowic, Wądroża Wielkiego, a różnice dotyczą sposobu i czasu formowania się złóż. W rejonie Lwówka Śląskiego dominującym składnikiem petrograficznym frakcji gruboziarenistych jest kwarc żyłowy (miejscami ponad 80%), piaskowce górnokredowe (do 10%), fragmenty granitoidów karkonoskich i izerskich (do 8%), łupki krzemionkowe, karneole, jaspisy, rogowce, hornfelsy i inne. Wśród minerałów ciężkich dominuje cyrkon (do 55%), rutyl (do 16%), topaz, monacyt, korund, granaty, minerały rudne. Złoto gromadzi się głównie we frakcjach poniżej 0,5

mm. Opisywane były jednak rzadko występujące większe samородki złota, o masie dochodzącej do 45 mg.

Położenie hipsometryczne piasków złotonośnych tego obszaru wynosi średnio 250–260 m n.p.m. Owe utwory będące osadami pra-Bobru występują w formie izolowanych płatów pokrywających kulminacje terenu. Sedymenty te wykazują wysokie wartości współczynnika  $D$  (w granicach 2,78) i na trójkącie denudodezagregacji (rys. 2) grupują się w szczytowej części trójkąta w polu 1, jednak w położeniu nieco niższym niż osady okolic Legnickiego Pola. Złoto z tych osadów jest uboższe w srebro w stosunku do złota złóż macierzystych i wynosi około 93% Au i 6 % Ag. (tabela). Można to stwierdzić porównując zawartość złota w ziarnach pochodzących z sudeckich złóż pierwotnych, a także z eluwialnych osadów Legnickiego Pola

– Wądroża Wielkiego. Długi transport złocin oraz wystawienie ich na destrukcyjne działanie wietrzenia chemicznego w ciepłym i wilgotnym klimacie neogenu spowodowało wtórne wzbogacenie ziaren w trudno ługowalne złoto zwłaszcza w ich partiach brzeżnych a usunięcie mniej odpornych zanieczyszczeń powierzchniowych i srebra, co jest wynikiem długotrwałego intensywnego procesu denudodezagregacji. Eksploatacja tych złóż rozpoczęła się około 1217 roku i trwała z przerwami 100 lat.

Do etapu pierwszego można także zaliczyć koncentracje złota okrucowego w ilości  $0,06 \text{ g/m}^3$  stwierdzone w mioceńskich nadwęglowych seriach piaszczysto-mułkowych złoża węgla brunatnego „Ruja” (Jęczmyk i in., 1997). Zostały opisane także w rejonie Głuchołazów (Grodzicki, 1997 b).

## **Etap II – preglacjalny**

Tworzył się w górnym pliocenie i obejmuje dolną część eoplejstocenu. Na skutek ruchów pionowych skorupy ziemskiej wywołanych fazą rodańską i wołoską orogenezy alpejskiej, a także wzrostem opadów i spadkiem temperatury nastąpiła wzmożona erozja rzeczna, a w jej wyniku doszło do rozcięcia warstw złotonośnych etapu pierwszego, rozmycie i przetransportowanie osadów, a potem ich redepozycja i ponowne nagromadzenie na innych obszarach w niższym położeniu hipsometrycznym. Miało to miejsce między innymi na wschód od Lwówka Śl. i na północny wschód od Złotoryi koło Kopacza, a także w rejonie Głuchołazów. Czynniki te doprowadziły do wymieszania się starszych utworów złotonośnych pochodzących z podłoża z młodszymi ciągle napływającymi z obszarów źródłowych. Stało się to przyczyną zróżnicowania ziaren złota spotykanych w osadach. Złotu towarzyszą zespoły skał i minerałów mniej odpornych na działanie transportu i wietrzenia chemicznego, które w chłodniejszym klimacie preglacjalnym rozwijało się wolniej, a tym samym proces denudodezagregacji przebiegał mniej intensywnie. W składzie petrograficznym oprócz kwarcu i skał krzemionkowych spotyka się łupki fylitowe, zieleńce i piaskowce górnokredowe, fragmenty granitoidów i skał wylewnych między innymi porfirów, melafirów i bazaltów. Wśród minerałów

ciężkich spada liczba gatunków bardzo odpornych (np. cyrkon, rutyl, korund i inne) tak charakterystycznych dla etapu pierwszego, natomiast zaczyna dominować mniej odporny epidot i chloryt. Stwierdza się też obecność nietrwałych skaleni. Wartości współczynników *D* mają tutaj niższe wartości niż w etapie pierwszym i wahają się w granicach: 2,58–2,38, grupując się w polu 2 na trójkącie denudodezagregacji (rys. 2).

Skład chemiczny ziaren złota w różnych typach złóż na Dolnym Śląsku\*

Chemical composition of gold grains in various types of deposits in Lower Silesia

Nr	Lokalizacja	Źródło złota	Au, % wag.	Ag, % wag.	Literatura
1	Radomice Klecza Pilchowice	złóża pierwotne w arsenopirycie w galenie	69,7 82–86	28,9 14–17	Paulo, Salamon
2	Klecza Radomice Golejów	złóża pierwotne żyła kwarcu	84,4	14,4	Wojciechowski (patrz Jęczmyk Krzemińska (1996))
3	Czarnów	złóża pierwotne w arsenopirycie	76–81	18–23	Mikulski (1997)
4	Wądroże Wielkie	żwiru i piaski trzeciorzędowe eluwialno- deluwialne etap I	90,4	9,1–9,8	Banaś, Grodzicki, Salamon (1985)
5	dorzecze środkowego Bobru	żwiru trzeciorzędowe etap I	93,5	6,42	Wojciechowski (patrz Jęczmyk Krzemińska (1996))
6	Kopacz	piaski i żwiru preglacjalne etap II	89,2	8,9	Banaś, Grodzicki, Salamon (1985)
7	Wójcice, dolina Nysy Kłodzkiej	piaski i żwiru plejstocénskie etap III	88,7	6,2	patrz Jęczmyk Krzemińska (1996)
8	dolina Oldzy	piaski i żwiru tarasu holocénskiego etap IV	85,0	5,0	Wojciechowski (patrz Jęczmyk Krzemińska (1996))
9	Olszyna	piaski i żwiru aluwialne etap IV	84,9	5,52	Jęczmyk Krzemińska (1996)
10	Gradówek	piaski i żwiru aluwialne etap IV	78,6	Si – 6,0 O – 16,4	Jęczmyk Krzemińska (1996)
11	Grodnica	piaski i żwiru aluwialne etap IV	74,4	Si – 5,0, Fe – 3,4 O – 18,8	Jęczmyk Krzemińska (1996)
12	Sulików	piaski i żwiru aluwialne etap IV	63,7	Si – 4,77 K – 0,21 Al – 2,21 O – 24,54	Jęczmyk Krzemińska (1996)



				Fe – 1,16	
				Ti – 0,18	
				Mg – 0,13	
				Ca – 0,17	

\*Wydzielenie i podzia<sup>3</sup> etapów według A. Grodzickiego.

Ziarna złota zawierają nieco niższą zawartość kruszcu (około 89,2% Au i 8,9 % Ag (tabela). w porównaniu do ziaren etapu pierwszego, co jest wynikiem mniej zaawansowanego procesu denudodezagregacji. W rejonie Głucholazów i Złatych Hor zawartość złota w utworach preglacjalnych waha się w granicach 75–202 mg/t i jest znacznie wyższa w porównaniu do niżej leżących osadów deluwialnych (do 48 mg/t Au) i wyżej leżących piasków i żwirów fluwioglacjalnych (około 2,1 mg/t Au) (Wierchowiec, Wojciechowski, 1997).

Eksploatacja złota w okolicach Złotoryi rozpoczęła się około 1180 roku i trwała 200 lat. W rejonie Głucholazów wydobywanie rozpoczęło się około 1220 roku i było kontynuowane szereg lat z dłuższymi lub krótszymi przerwami. Należy stwierdzić, że osady uformowane w dwóch pierwszych etapach charakteryzują się najwyższymi koncentracjami złota, gdyż proces denudodezagregacji jest tutaj najbardziej zaawansowany. Ziarna mają też najwyższą zawartość kruszcu. W wymienionych obszarach wydobywczych eksploatacja rozpoczęła się najwcześniej, gdyż złoto oprócz tego, że miało tutaj najwyższą próbną, było też najłatwiejsze do zauważenia w czasie poszukiwań oraz późniejszego odzysku. W przyszłych planowanych pracach poszukiwawczych należy zwrócić szczególną uwagę na osady złotonośne uformowane w tych dwóch etapach.

### **Etap III – plejstoceni**

Osady formowały się w chłodnym klimacie. Denudodezagregacja złotonośnych skał i agregatów polimineralnych zachodziła tutaj na niewielką skalę, gdyż wietrzenie chemiczne nie odgrywało wtedy większej roli natomiast wietrzenie fizyczne nie dostarczało dużych ilości oswobodzonych ziaren złota. Między innymi dlatego osady plejstoceni są uboższe w ten kruszec niż osady dwóch poprzednich etapów. Złoto spotyka się w glinach zwałowych i żwirach fluwioglacjalnych. W glinach morenowych zlodowacenia południowo-polskiego pochodzi ono niewątpliwie z trzeciorzędowego podłoża po którym przesunął się lodowiec włączając minerały w skład utworów glacialnych. W takich wypadkach kruszec charakteryzuje się wysokimi zawartościami złota i niewielką domieszką srebra, zbliżonymi do dwóch poprzednich etapów. Zdaniem autora analiza z Wójcic w dolinie Nysy Kłodzkiej reprezentuje ten właśnie typ kruszcu pochodzący z podłoża, który został włączony w skład osadów plejstoceni (tabela).

Niewątpliwie część złota spotykana w osadach glacialnych może pochodzić ze Skandynawii jednak założenie to należy zweryfikować za pomocą dokładniejszych

badań porównawczych. Transport w warunkach lodowcowych nie sprzyja na ogół dużej denudodezagregacji agregatów. Dotyczy to zwłaszcza glin zwałowych. Analiza piasków i żwirów fluwioglacjalnych rejonu Złatych Hor–Głuchołazów wykazała około 2,1 mg/t Au.

Współczynniki denudodezagregacji  $D$  osadów plejstoceńskich wykazują na ogół niskie wartości to jest od poniżej 2,2 do 2,4 i na trójkącie skupiają się przeważnie w polach: 11, 5 i 6 (rys.2). Obserwowane niekiedy wysokie wartości współczynnika  $D$  w osadach glacialnych są wynikiem redepozycji i włączania w te utwory materiału trzeciorzędowego pochodzącego z podłoża. W osadach plejstoceńskich wśród minerałów ciężkich dominują: granaty, amfibole, magnetyt, ilmenit, hematyt i in.

#### **Etap IV – holoceni**

Jest to współczesny etap formowania się osadów złotonośnych. Mamy tu do czynienia z kilkoma generacjami ziaren złota, z których jedne pochodzą z redepozycji rozmytych utworów złotonośnych utworzonych w czasie poprzednich etapów, drugie natomiast są związane z obecnie zachodzącą erozją złóż macierzystych. W pierwszym wypadku zawartość złota i srebra w ziarnach jest zbliżona do wartości poprzednich etapów. Widać to na przykładzie próbek z doliny Oldzy i z Olszyny (tabela). W drugim wypadku analizy wykazują liczne zanieczyszczenia powierzchni ziaren złota wynikające z małego zaawansowania procesu denudodezagregacji. Dotyczy to na przykład próbek z Gradówka, Grodnicy i Sulikowa. Po obejrzeniu fotografii ziaren złota zamieszczonych w artykule M. Jęczmyk i E. Krzemińskiej (1996) autor dochodzi do wniosku, że przerosty złota z innymi minerałami na tych obszarach nie są wcale takie rzadkie.

W profilach wzdłuż współczesnych biegów złotonośnych rzek najniższe wartości współczynnika  $D$  stwierdza się w pobliżu źródeł (około 2,04), tak jak ma to miejsce w wypadku Kaczawy w rejonie Wojcieszowa. Na trójkącie denudodezagregacji gromadzą się one w polu 18. W miarę oddalania się od źródeł rzeki, wzrasta niszczące działanie transportu selektywnego oraz wietrzenia działającego na osady unieruchomione na kamieńcach, plażach i poboczach koryt. Ponadto do holoceni osadów włącza się także materiał starszy, bardziej dojrzały pochodzący z podłoża, który zostaje na pewnych odcinkach rozmyty. Wówczas wzrasta wartość współczynnika  $D$ , tak, jak ma to miejsce na różnych odcinkach Bobru w rejonie Wlenia ( $D = 2,35$ ), Lwówka Śląskiego ( $D = 2,38$ ) i Żagania ( $D = 2,64$ ). Próbki znajdują swe miejsce na trójkącie w polach 5 i 2. Stopniowo zwiększa się wtedy udział wolnego złota i stwierdza się niekiedy anomalne podwyższenie jego koncentracji.

## LITERATURA

- BANAŚ J., GRODZICKI A., SALAMON W., 1985, *Mineralogic-Geochemical characterization of detrital native gold from the vicinity of Złotoryja and Wądroże Wielkie, Lower Silesia, SW Poland*, Mineralogia Polonica, 16 (1), 97–106.
- GRODZICKI A., 1972, *Petrografia i mineralogia piasków złotośnych Dolnego Śląska*, Geologia Sudetica, 6, 233–291.
- GRODZICKI A., 1982, *Uwagi o metodzie selektywnej dezintegracji zastosowanej do analizy litologicznej skał okruchowych różnych środowisk i wieku*, Przegląd Geologiczny, 6, 286–291.
- GRODZICKI A., 1987, *Zastosowanie analizy procesu dezintegracji selektywnej dla charakterystyki niektórych kenozycznych skał okruchowych dorzecza Kaczawy i Bobru*, Acta Univ. Wratislaviensis, Prace Geolog. Mineral., 10, 99–135.
- GRODZICKI A., 1989, *Metoda denudodezagregacji i jej zastosowanie w badaniach skał okruchowych*, Acta Univ. Wratislaviensis, Prace Geolog. Mineral., 16, 5–270.
- GRODZICKI A., 1990, *Geneza i kierunki poszukiwań niektórych perspektywicznych wystąpień minerałów ciężkich na Dolnym Śląsku*, Fizykochemiczne problemy mineralurgii, zeszyt 23, 19–25.
- GRODZICKI A., 1997 a, *Piaski złotośne Dolnego Śląska w świetle teorii denudodezagregacji*, Konferencja naukowa *Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych*, geneza, występowanie, perspektywy, 95–98.
- GRODZICKI A., 1997 b, *Ewolucja petrologiczna kenozycznych osadów złotośnych okolic Głucholazów w świetle teorii denudodezagregacji*, Polskie Towarzystwo Mineral. Prace specjalne, z. 9, 97–99.
- JĘCZMYK M., KRZEMIŃSKA E., 1996, *Skład chemiczny złota okruchowego w utworach aluwialnych Pogórza Izerskiego*, Przegl. Geol. Nr 3, 285–290.
- JĘCZMYK M., KASIŃSKI J., PIWOCKI M., SZTROMWASSER E., 1997, *Minerały ciężkie i złoto w seriach płonnych złoża węgla brunatnego „Ruja”*, Przegląd Geol. Nr 1.
- MIKULSKI S., 1997, *Złoto rodzime w złożu rudy arsenowej w Czarnowie (Sudety Zachodnie)*, Konferencja naukowa *Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych*, 31.
- WIERCHOWIEC J., WOJCIECHOWSKI A., 1997, *Perspektywy występowania złota w osadach okruchowych trzeciorzędu i czwartorzędu rejonu Otmuchów – Głucholazy – Prudnik*, Konferencja naukowa *Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych*, 100.

**Grodzicki A.**, Lithostratigraphy, petrography and mineralogy of Cainozoic gold-bearing sands from Lower Silesia. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 32, 31–41 (in Polish)

The paper describes gold occurrences in loose clastic rocks in Lower Silesia (SW Poland). They have been exploited since ancient times. Particular attention was paid to lithostratigraphy, petrography and mineralogy, i.e. factors controlling gold concentration in sediments. Denudodisaggregation method was applied in the studies. Four stages of gold placers formation were distinguished, with various origin, composition and gold content.

According to the author's view, a particular role in formation of gold placers belonged to denudodisaggregation process. Its name, proposed by A. Grodzicki, comes from Latin words: 'denudare' – uncover, 'aggregatus' – aggregate, 'disaggregation' – break-up of aggregates into basic particles, i.e. monomineral grains. In order to establish lithostratigraphy of Cainozoic gold-bearing sediments, A. Grodzicki prepared a 'time indicator' based on the principle of entropy increase and the denudodisaggregation theory. It may be summarised in the following way: a ratio of parent polymineral aggregates ( $A$ ) in sediments to secondary, monomineral grains ( $Z_m$ ) is established, and denudodisaggregation coefficients are calculated using suitable formulae given in the paper for individual grain fractions ( $d$ ) as well as for the entire sediment  $D$ .

The author distinguished four stages of gold placers formation in Lower Silesia. Differences between them consist in geomorphologic situation, petrographic composition, heavy minerals content,

gold concentration and its chemical composition, as well as in denudodisaggregation coefficients  $D$ . To the 1st, Oligocene-Neogene stage, belong sediments with the highest gold concentrations and maximum amounts of Au in grains. The sediments contain petrographic and mineral assemblages highly resistant to chemical and mechanical weathering.  $D$  coefficients reveal the highest values here. The 2nd, preglacial, stage includes sediments with high gold concentration whose grains contain less Au. They occur as usual on lower geomorphologic levels, and their  $D$  coefficients are lower. Gold-bearing sediments of the 3rd (Pleistocene) and 4th (Holocene) stages are characterised by the lowest Au concentrations in grains. They contain petrographic and mineralogical components which have little resistance against chemical and mechanical weathering with lower  $D$  coefficients have lower values.