

GENEZA DOLNOCECHSZTYŃSKIEJ MINERALIZACJI POLIMETALICZNEJ *

UKD 553.43/9.06:551.736.3(438-14 Dołyń Śląsk)

Po okresie erozji i penepłenizacji w czasie czerwonego spągowca, nastąpiła transgresja morza cechsztyńskiego na obszar Europy Środkowej. Jej ustalony zasięg obejmował rejon Morza Północnego, wschodnią część Wysp Brytyjskich, wschodnią Belgię, prawie całą Holandię i Danię, północną część RFN i NRD, obszar Polski, z wyjątkiem terenów wyniesionych w tym okresie (Sudetów, Karpat, Górnicy Świętokrzyskich, wyniesienia lubelskiego i mazursko-suwalskiego), aż po zachodnią część obszaru Litewskiej SRR i południową Morza Bałtyckiego. Cała powierzchnia tego zbiornika zajmowała wg J. Wyżykowskiego (46) ok. 960 000 km², z czego na obecne kontynenty przypada 530 000 km². Panował wtedy klimat suchy i gorący, a ujemny bilans wodny tego zbiornika spowodował szybki wzrost zasolenia i sedymentację ewaporatów.

U podstawy osadów cechsztynu zalega poziom skał łupku miedzionośnego, który ze względu na występującą w nim mineralizację jest od wielu lat przedmiotem intensywnych badań. W jego spągu występują skały klastyczne białego i szarego spą-

* Referat wygłoszony na posiedzeniu Zarządu Koła SITG przy Instytucie Geologicznym w dniu 14 X 1975 r. (vide not. krótnikarska na 3 str. okł.).

gowca, a przykrywa go poziom utworów węglanych cyklotemu Werry. W strefie dennej zbiornika cechsztyńskiego, w niektórych jego obszarach, już od początku gromadzenia się osadów panowały warunki redukcyjne o ujemnej wartości Eh.

W innych partiach zbiornika, gdzie w tym samym czasie panowało środowisko utleniające, tworzyły się osady zawierające podwyższone koncentracje uwodnionych tlenków żelaza, które na obszarze niemieckiej części zbiornika zostały nazwane facją „rote Fäule”. Obecnie termin ten stosuje się i do pozostałych poziomów dolnego cechsztynu, w których występują nagromadzenia tlenków żelaza.

Spągowe utwory redukcyjnej facji cechsztynu są znane z podwyższonej zawartości metali ciężkich, które na obszarze RFN, NRD i Polski tworzą bogate złoża, eksploatowane głównie ze względu na zawartość w nich miedź, a także cynk, ołów, srebro i wiele innych rzadkich metali. J. Rentzsch (30) podał, że w osadach morskich dolnego cechsztynu na obszarze od W. Brytanii do ZSRR znajduje się 10⁹ t Cu, Pb, Zn. Rozkład tych metali nie jest równomierny. Bogate koncentracje miedziowe zajmują, zdaniem K. H. Wedepohla (44), zaledwie 0,2% całej powierzchni morskich osadów cechsztynu. Rozprzestrzenienie mineralizacji Zn i Pb jest znacznie większe.

Wyznaczony przez J. Rentzcha (30) stosunek Cu : Pb : Zn dla zmineralizowanych utworów występujących na obszarze 28 000 km² w NRD wynosi 1 : 1,6 : 3,4.

Pomimo wieloletnich prac badawczych wciąż istnieją kontrowersyjne poglądy na genezę okruszczenia w dolnocechsztyńskich osadach Europy Środkowej. Zagadnienie to sprowadza się do wyjaśnienia: 1) pochodzenia metali i 2) sposobu ich akumulacji w sąsiedztwie łupku miedzionośnego. Znaleźnieniu logicznego i opartego na dzisiejszym stanie wiedzy rozwiązania dla pierwszego zagadnienia wciąż następuje wiele trudności. Łatwiejsza już wydaje się interpretacja faktów nagromadzonych przez wielu badaczy w trakcie ich wieloletnich prac oraz podanie najbardziej prawdopodobnego wyjaśnienia drugiego zagadnienia.

CECHY OSADÓW DOLNOCECHSZTYŃSKICH, SPOSÓB I OKRES ICH ZMINERALIZOWANIA

Prowadzone od wielu lat badania wykształcenia skał i mineralizacji dolnocechsztyńskiej pozwalają obecnie na określenie istotnych cech tych osadów. Zostały one sprecyzowane na podstawie dotychczasowych prac licznych badaczy i przekonywującej interpretacji uzyskanych rezultatów. Zwrócono uwagę na te cechy, które zdaniem większości autorów określają charakter mineralizacji i precyzują jej genezę.

1. Stwierdzono szerokie, pokładowe rozprzestrzenienie okruszczenia na olbrzymiej powierzchni przy ich znikomej — w tym odniesieniu — grubości (od kilku centymetrów do kilkudziesięciu metrów). Ta prawie dwuwymiarowa forma występowania mineralizacji była od dawna głównym argumentem przemawiającym za jej osadowym pochodzeniem. Również taki kształt, zdaniem E. Hovningena-Fuene (16), C. F. Davidsona (4), H. Borcherta (2), mogą mieć rudy utworzone na ekranie redukcyjnym, jak stawałyby łupki miedzionośne dla descenzyjnych lub ascenzyjnych roztworów mineralizujących. Należy tu zaznaczyć, że mineralizacja nie jest ściśle związana z samym poziomem łupku miedzionośnego, lecz stanowi horyzont przemieszczający się od poziomu węglanowego Werry do skał klastycznych szarego spągowca. Występuje też czasami na obszarze, gdzie brak skał łupkowych lub są one zredukowane do grubości paru centymetrów.

2. Stwierdzono stosunkowo dużą nieprzepuszczalność skał ilastych poziomu łupku miedzionośnego, brak — w tym poziomie, jak i w skałach poniżej zalegających — szczelin, które można by interpretować jako kanały dla roztworów rudonośnych. Po okresie diagenety poziom łupku miedzionośnego stanowił raczej słabo przepuszczalny horyzont i każda próba sforsowania go przez roztwory tak silnie mineralizujące pozostawiłaby piętno łatwe do odczytania. Wszelkie dotychczas obserwowane, późniejsze wypełnienia spekań łącznie ze znanymi na obszarze Mansfeldu i Sangerhäusen żyłami zwanymi „Rücken” mają mały, lokalny zasięg oraz nieznaczny, dość dyskusyjny wpływ na mineralizację. E. Kautzsch (19) i E. Messer (23) wykazali, że mineralizację „Rücken” charakteryzuje inna paragenetyza, wyraźnie późniejsze powstanie i znikomy wpływ na mineralizację dolnocechsztyńską. Występowanie żył wśród horyzontu zmineralizowanego zwiększa ilość eksploatowanych metali o taka część, jaka znajduje się w objętości skał żyłowych. Wielokrotnie rejestrowano jednak i ujemne strony tego zjawiska, to znaczy rozpraszanie mineralizacji w strefach uskokowych wypełnionych żyłami.

Wielu badaczy, a szczególnie H. Borchert (2) i C. F. Davidson (4) są zdania, że w przypadku zjawisk migracyjnych typu descenzyjnego zespół skał okruszkowych podścielających łupki miedzionośne jest utworem dość przepuszczalnym dla roztworów i nie zachodzi konieczność wykazywania istnienia specjalnych kanałów migracyjnych.

3. Stwierdzono związek mineralizacji z określoną facją redukcyjną środowiska sedymentacji typu ba-

senów zastoijskich. Znane przejawy polimetalicznej mineralizacji dolnocechsztyńskiej są związane ze strefami redukcyjnymi basenów zastoijskich. W płytkich lagunach (wg J. Rentzcha 50—100 m, wg K. H. Wedepohla do 300 m) bogate życie organiczne miało wpływ na wytworzenie się przydennej strefy redukcyjnej, w której osady typu sapropelowego dały początek sedymentacji utworów poziomu łupku miedzionośnego. Sedymenty w obrębie izolowanych basenów charakteryzowały się różnymi wartościami głównych składników tych skał, którymi są substancje bitumiczne, minerały ilaste, detryt i węglany. Zdaniem J. Rentzcha (30) brak podstaw do wydzielania poziomu łupku miedzionośnego i marglu miedzionośnego.

4. Tylko lokalnie występuje równoległość obserwowanej strefowości siarczków miedzi, ołowiu, cynku i żelaza do przebiegu dawnej linii brzegowej morza. Powszechnie strefowość rozkładu siarczków zależy od przebiegu facji „rote Fäule”. Rozkład metali zmienia się zależnie od odległości od strefy „rote Fäule”. Cecha ta zdaniem R. Franza (9) wydaje się być głównym kryterium poszukiwawczym rud w osadach cechsztyńskich. Stwierdzono, że strefa skał utlenionych jest facją płyczną i garbową podwodnych. Łupki miedzionośne tworzyły się w ich obrzeżeniach i ulegały wyklinowaniu przy obszarach wypływu (18). Zaznacza się też redukcja węglistości w tym kierunku, szczególnie wyraźnie wykazana przez A. Palmberga (27).

O syngenetyczności stref utlenionych z poziomami skał facji redukcyjnej przemawiają zmiany w zespołach faunistycznych oraz nagromadzenie się zwiększonych ilości szczątków organicznych na granicach facji. W. Jung (17) wykazał tendencję stref „rote Fäule” do odzwierciedlenia kierunków hercyńskich oraz rozkładu mineralizacji Cu, Pb, Zn zgodnie z dawnym przebiegiem linii brzegowej. G. Richter-Bernburg (32) określił ściśły związek stref „rote Fäule” z paleogeografią obszarów, które występują w partiach osiowych czerwonego spągowca.

Z drugiej strony stwierdzano też miejscowe zmiany wtórne na granicy facji, polegające na późniejszym utlenianiu siarczków, zachodzące w rejonie Sprembergu-Wesswasser (31) oraz na obszarze niecki północnosudeckiej i w rejonie wyniesienia Żar. Na Dolnym Śląsku lokalnie występuje strefowość rozkład glaukonitu na granicy pomiędzy osadami facji utlenionej i redukcyjnej (34).

5. Stwierdzono w rudach wiele cech teksturalnych, najwyraźniej osadowego pochodzenia, takich jak: warstwowanie frakcyjne, rytmiczne, krzyżowe, tekstury brekcyjne, rozmycia, zawartość resztek organicznych, a także powszechną inkrustację form organicznych już od najwcześniejszego stadium diagenetycznego. Określono podstawową formę występowania siarczków jako pojedyncze, drobne ziarna rozproszone wśród osadu. Wykazywano, że rozkładem tych ziarn w osadach rządzą te same prawa co minerałami pionnymi.

E. Messer (23) stwierdził w piaskowcach zależność mineralizacji od uziarnienia i porowatości oraz opisał przypadki rozkruszenia zmineralizowanych siarczkami metali skał klastycznych szarego spągowca i ich redepozycji. W wyniku późniejszych procesów rekrytalizacji w okresie diagenety i katabogeny uległy zatarciu pierwotne cechy osadu zmineralizowanego i powstały ślady wtórnej migracji minerałów siarczkowych jako prawidłowe formy dalszego rozwoju złóż tego typu (A. Rydzewski 35, C. Harańczyk 13). Aureole rozsiewu metali powyżej i poniżej okruszczonych poziomów mają bardzo zróżnicowany charakter.

6. W obrębie okruszczonych poziomów dolnocechsztyńskich występuje poziome i pionowe zróżnicowanie mineralizacji. Rozkład związków metali w osadach charakteryzuje się ułożeniem ukośnym i przemieszczaniem w coraz niższe poziomy skał w kierunku przeciwnym do strefy „rote Fäule”, obserwowany przez E. Fulde (10), O. Eisentrauta (7), B. Steinbrechera (40), J. Rentzcha i M. Langer (31), A. Rydzewskiego (34), R. Franza (9), C. Harańczyka (14). Jednocześnie maksymalne zawartości siarcz-

ków miedzi w profilu pionowym występują poniżej głównych koncentracji Pb i Zn. Także zasięgi poziomy tych ostatnich jest większy. Takie rozkłady metali głównych są zgodne, zdaniem F. Ekierta (8) i K. H. Wedepohla (43), ze zdolnościami migracyjnymi tych pierwiastków, a także z różną rozpuszczalnością ich związków.

7. Paragenезы tlenków i siarczków metali w osadach dolnocechsztyńskich są zgodne z diagramami stabilności związków Cu, Fe, Pb i Zn i obrazują zmienności w rozkładzie odpowiadające zmianom Eh i pH na granicach facji utlenionej i redukcyjnej. Zgodność diagramów Cu, Fe, S, O, H (11) z paragenезami mineralnymi obserwowanymi w dolnocechsztyńskich osadach wykazywali: C. Harańczyk (13, 14), J. Rentzsch (28), A. Rydzewski (35). J. Rentzsch wydzielił, zmienne w profilach pionowych i w rozprzestrzenieniu poziomym, szeregi mineralne zgrupowane w 10 typów.

Zmodyfikowany diagram dla związków Cu, Pb, Zn, Fe systemu Cu-Fe-Pb-Zn-C-S-H₂O, dla temperatury 25°C i ciśnienia 1 atm. przedstawili J. Rentzsch, G. Tischendorf, H. Ungethuen, J. Pilot (30). Diagram wyjaśnia prawidłowości w rozkładzie siarczków na granicy facji utlenionej i redukcyjnej, ich tendencje do przemieszczania się w osadach oraz pozwala przypuszczać, że zmienność chemizmu środowiska sedymentacji była w przedziale pH 6 do 9 i Eh od +0,1 do -0,3 V.

8. Wykazano korelacje geochemiczne pomiędzy metalami a składnikami charakteryzującymi środowisko sedymentacji, tzn. substancjami llastymi, C org., S, N i H. Prace geochemiczne dotyczące dolnocechsztyńskich skał i ich mineralizacji przeprowadzili: G. Knitzschke (21), D. M. Hirst, K. C. Dunhan (15), K. H. Wedepohl (43), H. Ważny (42), C. Harańczyk (13). Przedstawiono liczne korelacje między zawartościami pierwiastków śladowych. Stwierdzono, że substancja organiczna łupków bitumicznych jest pochodzenia sapropelowego. Przemawia za tym także stosunek C:N w substancji bitumicznej, której według J. Rentzsch (30) waha się od 22 do 47 w osadach siarczkonośnych, a od 22 do 29 w osadach facji „rote Fäule”.

Badania wykazały, że ogólna zawartość C org. zmniejsza się w kierunku zgodnym z rozprzestrzenianiem się osadów facji „rote Fäule”. A. Palmberg (27) stwierdził też, że w tym samym kierunku zmniejsza się stopień uwęglenia bituminów. Zawartość miedzi na kontakcie z tymi osadami ma tendencje do wzrostu, lecz następnie ulega szybkiemu obniżaniu. Powyższe stwierdzenie wysunięto w pracach G. Knitzschkego (21), A. Palmberga (27) i J. Rentzsch (29). Zwykle brak prostoliniowych korelacji między Cu i C org. C. Harańczyk (13) podaje, że tę korelację obserwuje się tylko lokalnie w strefach najbogatszej mineralizacji przy pełnym wysyceniu siarki siarczkowej miedzią. Ilość C org. jest proporcjonalna do S⁻² i zdaniem C. Harańczyka jest to ważny argument przemawiający za wnioskiem, że siarka tworzyła się wskutek redukcji siarczanów z wody morskiej, jako produkt działalności organizmów żywych.

9. Wykazano wśród izotopów siarki stosunek S³²:S³⁴ typowy dla siarki pochodzenia biogenicznego. Na powstanie rud metali duży wpływ miało życie organiczne, a szczególnie bakterie redukujące siarczany, które dostarczały H₂S wytrącający siarczki metali. Siarka w tych koncentracjach jest wyraźnie morskiego, biogenicznego pochodzenia. Stosunek S³²:S³⁴ waha się w szerokim zakresie od -0,4 do -44,0‰ (33).

10. Nie udowodniono w sposób przekonywający prostego, genetycznego związku mineralizacji z przejawami magmatyzmu i tektoniką. Analizowano skały magmowe i metamorficzne podłoża granitoidowego oraz skały wylewne czerwonego spągowca, w celu określenia zawartości w nich metali ciężkich. Śladowe ilości stwierdzone w niektórych poziomach porfirów nie uzasadniają zdaniem E. Kautzsch (19) bezpośredniego związku magmatyzmu z genezą po-

limetalicznej mineralizacji dolnocechsztyńskiej. Podobne zdanie reprezentuje J. Luge (patrz K. Dette, 6) w odniesieniu do badanych melafirów i towarzyszących im tufów z rejonu wschodniego Harzu.

Typowo hydrotermalne żyły na obszarze Mansfeldu i Sangerhausen zwane „Rücken” według E. Kautzsch (19) są wieku środkowoczechsztyńskiego. Wielu badaczy określa je jako znacznie głębsze: saksońskie (F. Ekiert, 8), przedlaramijskie (W. Salski, 37; J. Oberc, J. Serkies, 25). Ten temat porusza też C. F. Davidson (4) podając, że takie żyły wieku alpejskiego spotyka się we wszystkich głównych, pokładowych złożach miedzi. Także i jego zdaniem można rozważać ich pośredni związek z mineralizacją typu pokładowego. Badania tektoniczne złóż Dolnego Śląska dostarczyły dowodów szerokiego rozwoju spekań i fałdowań przypadających w zasadniczym zarzysie na okres ruchów kimeryjskich, a kontynuowanych w czasie ruchów laramijskich, jak to podają W. Salski (37) i J. Oberc, W. Salski (24).

Dotychczas nie wykazano zależności mineralizacji podstawowej od zjawisk tektonicznych występujących w tym rejonie. Takiego związku dopatrywał się w niecce północnosudeckiej S. Lisiakiewicz (22), a kontrowersyjny pogląd reprezentował E. Konstantynowicz (20). Pośredni wpływ starych założeń tektonicznych na mineralizację dolnocechsztyńską dopuszczali W. Jung (17) i J. Tomaszewski (41), opierając się na tendencji występowania rud przy starych masywach górskich.

Wyniki badań kompleksowych ujawniły występowanie wymienionych cech osadów i mineralizacji dolnocechsztyńskiej. Jednakże stwierdzono również nie mniej istotne cechy drugiego rzędu, które wymagają osobnego naświetlenia. Są to w głównej mierze problemy związane z diagenetyczną lub katagenetyczną przebudową skał, na podstawie których można pośrednio wnioskować o etapach tworzenia się rud.

Od wielu lat badano problem pochodzenia tzw. „bakterii pirytowych”, które w postaci kulek zbudowanych z idiomorficznych osobników pirytu są powszechnie obserwowane w rudach cechsztyńskich. Formy te H. Schneiderhöhn (38) określił jako pozostałość zmineralizowanych bakterii, a pogląd ten podzieliło wielu badaczy dopatrując się w każdej takiej kulce kolonii bakterii, a w każdym idiomorficznym kryształku pojedynczego osobnika. Dalsze badania wykazały niesłuszność takiej interpretacji. Szczególnie C. Schouten (39) — podając przykłady podstawiania się siarczków — w konkluzji stwierdza, że formy kuliste są wynikiem zastępowania bliżej nieokreślonych ciał niekoniecznie pochodzenia organicznego. Byłoby to w zgodzie z faktem występowania takich form w złożach o uznanej genezie hydrotermalnej (22).

Przy obecnym stanie badań można uznać kulistą postać pirytu obserwowaną nie tylko w cechsztynie, lecz we wszystkich osadach redukcyjnych za pośrednią działalność bakterii produkujących H₂S. W pęcherzykach H₂S tworzących się w osadach w obrębie rozkładających się organizmów tkankowych lub w pęcherzykach H₂S innego pochodzenia dochodzi do powstania siarczku żelaza, przebudowywanego w trakcie dalszych procesów rekryształacyjnych (36).

Badania przemian diagenetycznych i katagenetycznych skał dostarczyły licznych obserwacji. Interpretację tych zjawisk w stosunku do mineralizacji prowadził C. Schouten (39) podkreślając dużą rolę, jaką odegrały procesy wzajemnego podstawiania się siarczków. Rozważania tego autora również nie wyjaśniają źródła metali tak dużych i skomplikowanych rud. Większość danych dotyczących relacji siarczki—minerały płonne wskazują na istnienie mineralizacji już od najwcześniejszego stadium diagenезы, a przebudowa treści mineralnej nie wprowadzała zmian na szeroką skalę w ich składzie chemicznym.

Zestawiając przedstawione główne założenia z prac licznych badaczy i wyniki własnych obserwacji pod kątem określenia sposobu i okresu powstania poli-

metalicznych rud dolnocechsztyńskich za podstawowy etap mineralizacji należy uznać konsolidację sedymentu morskiego od syngenetycznego powstania osadu do wczesnodiagenetycznego przeobrażenia powstałych utworów. Tworzenie się mineralizacji w kolejnych stadiach diagenety zachodziło na ograniczoną skalę, podobnie jak i wszystkie epigenetyczne procesy wzbogacające mineralizację w stadiach kategezy.

ZRÓDŁO METALI

Najbardziej kontrowersyjne i nadal nie wyjaśnione jest zagadnienie pochodzenia dużych ilości metali ciężkich impregnujących osady dolnocechsztyńskie na obszarach o szczególnym nasileniu mineralizacji miedziowej. Przypuszcza się, że nastąpiło to w raczej krótkim okresie. Według O. Oelsnera (26) osady poziomu łupku miedzionośnego zgromadziły się w czasie ok. 17 000 lat. Z badań geochemicznych wynika, że najprawdopodobniej zachodziły procesy dodatkowych wzbogaceń tych osadów w metale główne, gdyż tego typu koncentracje nie są możliwe w naturalnych środowiskach morskich (21, 43, 42, 13).

Większość kalkulacji dotyczących sposobu dostarczenia metali do zbiornika morskiego przez wody płynące po powierzchni jest oparta na błędnych założeniach. Transport metali w roztworach siłkowodnych, jak to wnioskował C. Gillitzer (12) i E. Kautzsch (19), wymagałby ogromnych spływów wód, co wydaje się problematyczne ze względu na to, że panował suchy, półpustynny klimat, a zbiornik miał ujemny bilans wodny (udowodniony regresywny charakter linii brzegowej w kolejnych poziomach cyklotemów cechsztyńskich). Czas potrzebny do zniszczenia na lądzie materiału zasobnego w rudy i przetransportowania tych metali pozostaje także w jawnej dysproporcji z czasem sedymentacji osadu. Wykazali to F. Ekiert (8) i K. H. Wedepohl (43). Po przeliczeniu odpowiedniej objętości skał możliwość takiej genezy odrzucił też zdecydowanie O. Oelsner (26).

Zakładano też dwuetapowość tworzenia się rud, początkowo w postaci pokryw pustynnych typu darniowego, niszczonej i ługowanych do zbiornika wody morskiej, w której ulegały wytracaniu. Szczególnie gorącym zwolennikiem tego poglądu był E. Fuld (10). Jednak należy sądzić, że wody transgredującego morza nie mogą odgrywać dużej roli agresywnej (nieodpowiednie Eh i pH) w stosunku do rud metali ciężkich, a przynajmniej na skalę, jaka jest wymagana dla złóż dolnocechsztyńskich.

Pochodzenie siarczków próbowano również wytłumaczyć naturalnym stracaniem się z wody morza cechsztyńskiego nie wzbogaconej dodatkowo w metale. T. Deans (5) widział w tym procesie naturalną kolejność sedymentacji cyklotemowej: detryt — minerały ilaste — węglany — siarczany — chlorki, w której siarczki metali nałożyły się na trzy pierwsze stadia. C. Harańczyk (13) przypuszcza, że była to sedymentacja siarczków w małych zbiornikach typu salinowego, a M. Brongersma-Sanders (3) dopuszcza możliwość sedymentacji typu estuariowego z istniejącą wymianą wody wskutek różnic temperatur i działalności wiatrów. Jednak najbardziej nawet optymalna ruchliwość wody w zbiornikach zastoijskich z warunkami redukcyjnymi w strefie dennej i o normalnym chemizmie wody nie tłumaczy tak dużych złóż metali. Słuszne wydaje się przypuszczenie K. H. Wedepohla (43), że jeśli nawet przyjmie się dość szybką wymianę wody w zbiorniku cechsztyńskim, raz na 10 lat (analogia do Morza Czarne), nie wyjaśni się pochodzenia metali, a jeszcze dodatkowo należy tu przyjąć raczej małe głębokości tego zbiornika, a więc małą objętość wody niosącej metale.

Dużą rolę w badaniach problemów genezy rud metali cechsztyńskich odegrał F. Ekiert (8), który zaproponował teorię hydrotermalno-osadowego pochodzenia złóż. J. Wyżykowski (46) był również zwolennikiem tej koncepcji. Przyjmowali oni mieszanie się wód cechsztyńskich z hydrotermami, które w tym

czasie krążyły wzdłuż głównych linii tektonicznych. Możliwość takiej sedymentacji siarczków metali jest w zgodzie z obserwowanymi cechami osadów cechsztyńskich, głównie jednoczesnością osadów i znajdujących się w nich metali. Wymaga jednak założenia jednoczesnego istnienia hydroterm i transgresji, przy czym przejawy mineralizujące byłyby ogromnym krótkotrwałym aktem o prawie jednoazowej działalności, której wpływu w innych skałach dotychczas nie udowodniono. Zwolennicy koncepcji samodzielnej działalności hydrotermalnej na granicy cechsztyń — czerwony spągowiec nie przedstawili wiarygodnych i udokumentowanych badaniami regionalnymi faktów. Przeciwno tej koncepcji przemawia krótki okres, w jakim doszło do sedymentacji zmineralizowanych osadów morskiego cechsztyń, jak również brak śladów podobnej działalności w cyklotemach wyższych, co przy ogólnie obserwowanym impulsowym sposobie dostarczania hydrotermalnych roztworów mineralizujących musiałyby mieć miejsce. Ostateczne wyjaśnienie istnienia możliwości takiego mieszania się roztworów typu hydrotermalnego i wód cechsztyń na skalę, jaka jest wymagana dla tych złóż, pociąga za sobą konieczność prowadzenia dalszych badań.

Tłumaczenie genezy metali dolnocechsztyńskich jako przejawu epigenetycznej działalności hydrotermalnej, jak to próbują udowodnić C. H. White (45) i S. Lisiakiewicz (22) pozostaje w jawnej niezgodzie z wyżej omówionymi cechami, ustalonymi w trakcie wieloletnich, kompleksowych badań petrograficzno-geochemicznych, popartych wynikami rozważań regionalnych i tektonicznych. Przyjęcie takiego pochodzenia metali wymaga przeinterpretowania wniosków z wielu ostatnio prowadzonych badań szczegółowych. Należy tu zaznaczyć, że zwolennicy hydrotermalnego, epigenetycznego pochodzenia metali opierali swe tezy głównie na niemożności wytłumaczenia źródła metali z roztworów morskiego pochodzenia, lecz jak dotychczas nie dostarczyli przekonujących dowodów na wyjaśnienie faktów, które stały w jawnej dysproporcji z ich wnioskowaniem.

Również nie wyjaśnione pozostają liczne zagadnienia przy założeniu epigenetycznego dostarczenia metali do poziomu dolnego cechsztyń jako efektu działania migrujących roztworów solankowych, mających związek z pokładami solnymi cyklotemów cechsztyńskich. Zwolennikiem tego poglądu jest C. F. Davidson (4). Jego zdaniem solanki takie wędrowały najpierw jako roztwory ascenzyjne, następnie jako descenzyjne, ługując po drodze jony metali i pozostawiając je w końcowym etapie w zmineralizowanych poziomach cechsztyńskich. Podobnie rozumowali E. Hoyningen-Huene (16) i H. Borchert (2), przyjmując ożywioną saskońską tektonikę jako decydujący czynnik paleohydrologicznej cyrkulacji wód.

Zebrany materiał faktograficzny i jego szczegółowa analiza zdają się bezspornie przemawiać za koncepcją wiążącą pochodzenie metali w osadach dolnocechsztyńskich Europy Środkowej z późnowaryscyjską działalnością mineralizującą jako jej pośredniego efektu. Prawdopodobna wydaje się możliwość obecności metali lub roztworów metalizujących wśród wód wglębnych osadów utlenionych typu molasowego (red bedu) tworzących się w okresie czerwonego spągowca i wyniesienie ich z wodami transgredującego morza cechsztyńskiego. Dużą również rolę w zasilaniu wód gruntowych i wglębnych przez cały górny karbon i czerwony spągowiec odgrywały procesy gromadzenia metali pochodzenia wietrzeniowego ze złóż wcześniejszego i tego samego etapu działalności metalogenicznej, które istniały na obszarach sąsiadujących ze śródplatformowym zbiornikiem akumulacyjnym. Znaczenie tych zjawisk omawiają J. Oberc, J. Serkiés (25) i J. Rentsch (30).

Kanałami były głębokie pęknięcia tektoniczne, a wędrówka odbywała się w brzeźnych partiach osadów utlenionych, gdzie występują strefy „rote Fäule”. Nasuwa się tu analogia do współczesnego istnie-

nia wylewów solanek mineralizujących wzdłuż głębokich pęknięć w Morzu Czerwonym (J. L. Bischoff, 1969).

Nad czerwonymi osadami klastycznymi na całym świecie obserwuje się liczne grupy złóż metali nieżelaznych i przejawy mineralizacyjne. Pochodzenie więc polimetalicznej mineralizacji cechsztyńskiej zależy zarówno od roli jaką odgrywały osady czerwonego spągowca z długim okresem warunków utleniających, jak i od transgredującego morza z najbliższą im zmianą środowiska na redukcyjne.

LITERATURA

1. Bischoff J. L. — Red Sea geothermal brine deposits, their mineralogy, chemistry and genesis. [In:] Hot brines and recent heavy metal deposits in the Red Sea. Springer — Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1969.
2. Borchert H. — Fazieswechsel in den Zechstein Salzlagerstätten in ihrer Beziehung zur Entwicklung der „Roten Fäule“ des Kupferschiefers und deren Entsehung. Freib. Forsch. Hefte, 1965, C 193.
3. Brongersma-Sanders M. — Metals of Kupferschiefer supplied by normal sea water. Geol. Rundsch., 1965, B 55.
4. Davidson C. F. — A possible mode of origin of stratabound copper ores. Econ. Geol., 1965, vol. 60.
5. Deans T. — The Kupferschiefer and the Associated Lead-Zinc Mineralisation in the Permian of Silesia, Germany and England. Rept. 18th Inter. Sed. Congr. Gr. Britain, 1948, vol. 7.
6. Dette K. — Kenntnisstand der Roten Fäule. Freib. Forsch. Hefte, 1965, C 193.
7. Eisentraut O. — Der niederschlesische Zechstein und seine Kupferlagerstätte. Arch. Lagerst. Forsch. N. F., 1939, Bd 71.
8. Ekiert F. — Warunki geologiczne i objawy mineralizacji cechsztynu w niecce mansfeldzkiej. Biul. Inst. Geol., 1958, nr 126.
9. Franz R. — Metallfazies und Rote Fäule im Unteren Zechstein bei Spremberg — Weisswasser. Freib. Forsch. Hefte, 1965, C 193.
10. Fulda E. — Zum Problem des Kupferschiefers. Jb. Preuss. Geol. L. — A, 1928, 49.
11. Garrels R. — Mineral Equilibria, N. York, 1960.
12. Gillitzer C. — Die Geologie der Erzanreicherungen im mitteldeutschen Kupferschiefer. Jb. Halle Verb., 1936, 15.
13. Harańczyk C. — Mineralizacja kruszcowa dolnocechsztyńskich osadów eusynicznych monokliny przedsudeckiej. Arch. miner., 1972, z. 1—2.
14. Harańczyk C. — Investigations of copper-bearing Zechstein shales from the Wrocław Monocline, Lower Silesia. Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. géol. géogr., 1963, vol. 12, no. 1.
15. Hirst D. M., Dunham K. C. — Chemistry and petrography of the Marls Slate of SE Durham, England. Econ. Geol., 1963, vol. 58, no. 6.
16. Hoyningen-Huene E. — Zur Paläohydrogeologie des Oberrotliegenden und des Zechsteins im Harzvorland. Ber. Geol. Ges. DDR, 1963, S. 1.
17. Jung W. — Die Sedimentationsverhältnisse während des Oberrotliegenden und Zechstein im SE — Harzvorland. Z. angewandte Geol., 1960, Bd 6, H. 12.
18. Jung W., Knitzschke G., Gerlach R. — Entwicklungsgeschichte der geologischen Ausschauungen über den Mansfelder Kupferschiefer. Geologie, 1971, H. 4/5.
19. Kautzsch E. — Tektonik und Paragenese der Rücken im Mansfelder und Sangerhäuser Kupferschiefer. Ibidem, 1953, H. 1.
20. Konstantynowicz E. — Uwagi na temat złóż rud miedzi i nikieli zewnętrznosudeckiej. Rudy i Met. nieżel., 1960, nr 1.
21. Knitzschke G. — Vererzung Hauptmetalle und Spurenelemente des Kupferschiefers in der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde. Z. angewandte Geol., 1961, Bd 7, H. 7.
22. Lisiakiewicz S. — W sprawie genezy złóż miedzi w niecce północnosudeckiej. Prz. geol., 1959, nr 3.
23. Messer E. — Kupferschiefer, Sanderz und Kobaltrücken im Richelsdorfer Gebirge. Hess. Lagerstättenarch., 1955.
24. Oberc J., Salski W. — Fałdy i spękania w skałach dolnocechsztyńskich w rejonie szybu wschodniego kopalni Lubin. Kwart. geol., 1968, nr 3.
25. Oberc J., Serkies J. — Evolution of the Fore-Sudetic Copper Deposit. Econ. Geol., 1968, vol. 63.
26. Oelsner O. — Bemerkungen zur Herkunft der Metalle im Kupferschiefer. Freib. Forsch. Hefte, 1959, C 58.
27. Palmberg A. — Bitumen des Kupferschiefers. Unpubl., 1963.
28. Rentzsch J. — Der Kenntnisstand über die Metallung Erzmineralverteilung im Kupferschiefer. Z. angewandte Geol., 1964, Bd 10, H. 6.
29. Rentzsch J. — Fazielle Gesetzmässigkeiten beim Auftreten der Roten Fäule. Freib. Forsch. Hefte, 1965, C 193.
30. Rentzsch J. — The Kupferschiefer in comparison with the deposits of the Zambian Copperbelt. Cent. Société Géol. Belgique. Gisments Stratiformes et Provinces Cuprifères, 1974.
31. Rentzsch J., Langier M. — Fazielle Probleme des Kupferschiefers von Spremberg — Weisswasser. Z. angewandte Geol., 1963, Bd 9, H. 10.
32. Richter-Bernburg G. — Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins. Z. Deutsch. Geol. Ges., 1955, Bd 105, H. 4.
33. Roesler H. J., Pilot J. i in. — Isotopen-geochemische Untersuchungen (O. S. C) und Salinarsedimenten Mitteleuropas. 23 Intern. Geol. Congr., 1968, vol. 6.
34. Rydzewski A. — Petrografia i mineralizacja osadów górnego permu na monoklinie przedsudeckiej i peryklinie Zar. Prz. geol., 1964, nr 12.
35. Rydzewski A. — Petrografia łupków miedzionośnych cechsztynu na monoklinie przedsudeckiej. Biul. Inst. Geol., 1969, nr 217.
36. Rydzewski A. — Problem występowania i genezy piritu w obrębie skał cechsztyńskich monokliny przedsudeckiej. Kwart. geol., 1969, nr 4.
37. Salski W. — Charakterystyka litologiczna i drobne struktury łupków miedzionośnych monokliny przedsudeckiej. Ibidem, 1968, nr 4.
38. Schneiderhöhn H. — Chalkographische Untersuchung des Mansfeld der Kupferschiefers. Neues Jb. Miner., 1923, Abh. 47.
39. Schouten C. — The role of sulphur bacteria in the formation of the so-called sedimentary copper ores and pyritic ore bodies. Econ. Geol., 1946, vol. 41, no. 5.
40. Steinbrecher B. — Die Sedimentation im Saaletrog im Bereich des östlichen Harzvorlandes während des Zechsteins 1 und 2. Z. angewandte Geol., 1959, H. 5.
41. Tomaszewski J. — Tektonika brzeżnej części monokliny przedsudeckiej. Rudy i Met. nieżel., 1963, nr 6.
42. Ważny H. — Pierwiastki śladowe w cechsztyńskie Polski Zachodniej. Biul. Inst. Geol. 1967, nr 213.
43. Wedepohl K. H. — Untersuchungen am Kupferschiefer in Nordwestdeutschland: Ein Beitrag zur Deutung der Genese bituminöser Sediments. Geochim. Cos. Acta, 1964, 28.
44. Wedepohl K. H. — Kupferschiefer as a prototype of syngenetic sedimentary ore deposits. Soc. Min. Geol. Japan, 1971, no. 3.
45. White C. H. — Notes of the origin of the Mansfeld copper deposits. Econ. Geol., 1942, vol. 37, no. 1.
46. Wyżykowski J. — Cechsztyńska formacja miedzionośna w Polsce. Prz. geol., 1971, nr 3.

SUMMARY

On the basis of the analysis of a series of research works and results of the author's observations ten features of rocks and ores determining the manner and time of origin, and source of metals present in Lower Zechstein ores in the Central Europe are discussed. Consolidation of marine sediments from their syngenetic formation to early-diagenetic alternation of the resulting deposit may be regarded as a basic phase of mineralization. Formation of mineralization in the successive phases of diagenesis proceeded on a limited scale similarly as all the epigenetic processes enriching mineralization during catagenesis stages.

The present study support the concept explaining the origin of metals present in Lower Zechstein deposits in the Central Europe as an intermediate effect of the Late Variscan mineralizing activity. It seems probable that metals or metalizing solutions were trapped in deep waters occurring in oxidized sediments of the molasse type (red beds) during the Rotliegendes times and that they were carried away along with waters of the transgressing Zechstein sea. The processes of accumulation of metals of weathering origin, derived from ores related to earlier and the same stages of metallogenic activity, and occurring in the neighbourhood of the intraplateform accumulative basin, also had a remarkable contribution in the supply of ground- and deep-seated-waters during the Late Carboniferous and Rotliegendes times. The importance of these processes was emphasized by J. Oberc and J. Serkies (1968) and J. Rentzsch (1974).

Deep tectonic fractures acted here as channels facilitating migration. The migration also proceeded in marginal parts of the oxidized deposits, where „rote Fäule” are found nowadays. There is an analogy to mineralizing brines outflowing at present along deep fractures in the Red Sea bottom (J. L. Bischoff, 1969). A marked concentration of coloured metals ores and traces of mineralization above red clastic deposits are found throughout the world. Thus, it appears that the origin of polymetallic Zechstein mineralization depended on both the role played by Rotliegendes strata subjected to long-term oxidization and on the marine Zechstein transgression resulting in a change of conditions to reducing ones.

РЕЗЮМЕ

По данным работ ряда исследователей и собственных наблюдений автор характеризует десять признаков пород и руд, определяющих способ и время образования оруденения в нижнем цехштейне Центральной Европы. Предполагается, что основной этап рудообразования приходился на время консолидации морского осадка, с сингенетического образования осадка по раннедиагенетическое изменение отложений. Рудообразование во время последовательных стадий диагенеза происходило в ограниченном масштабе, как и все эпигенетические процессы обогащающие оруденение во время катагенеза.

Данные исследований заставляют связывать рудопроявления в нижнем цехштейне Центральной Европы с позднегерцинской рудообразующей деятельностью. Предполагается возможность концентрации металлов или рудных растворов в глубинных водах среди окисленных осадков молассового типа, связанных с временем красного лежня, с последующей их миграцией с водами трансгрессирующего цехштейнового моря. Важную роль в обогащении глубинных и грунтовых вод рудными компонентами в течение позднего карбона и красного лежня играли также процессы выветривания эндогенных месторождений, распространенных в районах, прилегающих к межплатформенному седиментационному бассейну. Значение этих процессов рассматривается в работах Ю. Оберца, И. Серкеса (1968) и И. Рентша (1974).

Роль рудоподводящих каналов играли тектонические трещины. Кроме того, циркуляция происходила и в периферических зонах окисленных осадков, прослеживающихся ныне по распространению „rote Fäule”. Можно отметить некоторую аналогию с современными рудообразующими процессами вдоль глубинных разломов на дне Красного моря (Д. Л. Бишоф, 1969). Во всем мире выше красных кластических отложений встречаются многочисленные проявления цветных рудных минералов. Таким образом, цехштейновое оруденение формировалось как в зависимости от условий во время красного лежня, знаменующих продолжительный период окислительной среды, так и от трансгрессии моря, обусловившей переход к восстановительной среде.