

ŁUPEK MIEDZIONOŚNY LEGNICKO-GŁOGOWSKIEGO OKRĘGU MIEDZIOWEGO

Żaklina KONOPACKA, Katarzyna D. ZAGOŹDŹON

Politechnika Wrocławska, zaklina.konopacka@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE

W artykule ukazano geologiczną charakterystykę łupka miedzionośnego występującego w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym. Przedstawiono uproszczony profil stratygraficzny złoża. W sposób syntetyczny opisano skały pod kątem petrograficznym, podano ich skład chemiczny oraz mineralny ze szczególnym uwzględnieniem minerałów rudnych.

WSTĘP

Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy jest to obszar złożowy eksploatowany przez przedsiębiorstwo KGHM Polska Miedź S.A., położony w północnej części Dolnego Śląska. W ramach spółki funkcjonują trzy kopalnie, w których wydobywa się rudy miedzi i srebra z których, jako kopaliny poboczne pozyskuje się też inne metale. Eksploatowane jest tutaj złoże osadowe, stratoidalne (Ridley, 2013). Genetycznie utwory złoża powiązane są z epikontynentalnym zbiornikiem sedymentacyjnym wypełnianym w pierwszej fazie utworami pustynnymi czerwonego spągowca, a później morskimi osadami cechsztynu. Transgredujące morze zalało pagórkowaty, wydumowy obszar (znajdujący się na terenie obecnego złoża) osadzając materiał piaszczysty, z którego w procesach diagenetyki powstał piaskowiec zaliczany to tzw. białego spągowca. Powyżej tych osadów, w wyniku sedymentacji w stabilnych warunkach zbiornika, gromadziły się utwory zaliczane do cyklotemu PZ1 (cyklotem Werra, Z1). W spągu tej formacji występuje wapień podstawowy lub dolomit graniczny o miąższości nie przekraczającej 30 cm, powyżej pojawia się horyzont łupka miedzionośnego (30 – 60 cm), wyżej leży poziom wapienia cechsztyńskiego wykształcony jest w postaci wapieni lub dolomitów, których miąższość waha się od 5 do 70 m. Nad wapieniami cechsztyńskimi zalegają miąższe pokłady anhydrytu dolnego oraz najstarszej soli kamiennej. Cyklotem zamyka poziom anhydrytu górnego. Ze względu na niejednorodne ukształtowanie dna w okresie cechsztynu, w zależności od lokalizacji wykształcenie cyklotemu jest różne (tabela 1) (Tomaszewski, 1978; Konstantynowicz-Zielińska, 1990; Kłapciński i Peryt, 2007).

GENEZA ŁUPKA MIEDZIONOŚNEGO

Utwory łupka miedzionośnego (Kupferschiefer) tworzyły się w izolowanym cechsztyńskim zbiorniku śródlądowym. Ze względu na urozmaiconą morfologię dna, utwory łupka mogły powstawać w dwóch strefach głębokościowych: strefie szelfu głębokiego, poniżej sztormowej podstawy falowania (to jest 50 m) i w strefie szelfu płytkiego, poniżej normalnej podstawy falowania (to jest 30 m) (Oszczepalski, 2007).

Do centralnych części zbiornika - do strefy szelfu głębokiego - prądy morskie dostarczały zawieszinę mułową i organiczną. Dzięki temu gromadził się osad, który był materiałem

wyjściowym do powstania łożysk. Spokojne warunki panujące w tej strefie spowodowały, że w powstających skałach widoczna jest drobna i regularna laminacja. Łupki ilasto-organiczne tworzyły się w warunkach beztlenowych, o czym świadczy również wysoka zawartość materiału organicznego (Oszczepalski, 2007).

W płytszej części szelfu tworzyły się osady o teksturze charakterystycznej dla bardziej niespokojnego środowiska. Utwory powstałe w tej strefie charakteryzują się niższą zawartością materii organicznej i znaczną ilością węglanów. W odległości 10-60 km od linii brzegowej utwory łupka stopniowo przechodzą w utwory wapienia podstawowego i osady przybrzeżnej sedimentacji węglanowej i klastycznej (Oszczepalski, 2007).

Po osadzeniu się materiału ilasto-organicznego następowała depozycja łupków węglanowo-ilastych. Prawdopodobnie, synchronicznie z tym procesem, z głębszych partii skorupy ziemskiej były doprowadzane zmineralizowane, wodne roztwory hydrotermalne, które infiltrowały w skały łupka miedzionośnego okruszczując je (Konstantynowicz-Zielińska, 1990).

Tabela 1.
Litostratygrafia rejonu złoża rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej
(KGHM 2014 za Konstantynowiczem i Nieciem)

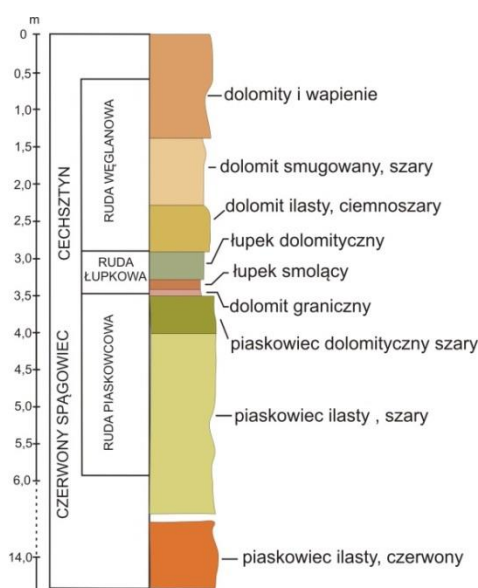
Stratygrafia		litostratygrafia	miąższość [m]	wykształcenie litologiczne	
Perm	cechsztyń	Cyklotem Werra PZ ₁	anhydryty górne	20-70	anhydryty oczkowe
			sól kamienna najstarsza	0- do ok.100	sól kamienna (tylko w NW części LGOM)
			anhydryty dolne	30-70	anhydryty masywne i gruzelkowe
			wapienie i dolomity	7-140 śr. 45	wapienie dolomityczne i dolomity wapieniste
				do kilku metrów	dolomity ilaste
			łupki miedzionośne	zwykle do 0,5, maks. 1,7	w dolnej części łupki ilaste (smolące), w górnej margliste i dolomityczne
			dolomit graniczny	0,3	dolomit drobnoziarnisty
		biały spągowiec	0,5-40 śr. 6-12	piaskowce szare i białe	
czerwony spągowiec	czerwony spągowiec	300-450	piaskowce czerwone, riolity, tufy, ilowce, zlepienie		

CHARAKTERYSTYKA ŁUPKA MIEDZIOŃNEGO

W skład utworów łupka miedzionośnego wchodzi czarne lub ciemnoszare łupki ilasto-bitumiczne (smolące), łupki ilasto-dolomityczne, łupki dolomityczne i łupki margliste. (Kijewski i Leszczyński, 2010).

W profilu stratygraficznym łupek miedzionośny leży na piaskowcach białego spągowca lub wapieniu podstawowym (na obszarze złożowym na dolomicie granicznym) i miejscami podścielony jest jednocentymetrową warstwą łupka piaszczystego (Konstantynowicz-Zielińska, 1990) (rys.1). Jego występowanie uzależnione jest od paleoreliefu dna - sedimentacja następowała jedynie w depresjach i na skłonach elewacji. Miąższość łupka wynosi średnio 30 cm, maksymalnie osiąga 170 cm. W spągu zespołu łupka miedzionośnego występuje zwykle łupek ilasto-organiczny (tak zwany łupek smolący). Jest to rozsypliwa skała

o czarnym zabarwieniu (zawiera średnio około 10% substancji organicznej maksymalnie do 30%) i tłustym połysku. Miąższość łupka smolącego zwykle mieści się w przedziale od kilku do dwudziestu pięciu centymetrów, jednak lokalnie może osiągnąć nawet 60 cm. Powyżej łupka ilasto-organicznego zalega strefa łupka ilasto-dolomitycznego. Jest to skała charakteryzująca się wyraźną oddzielnością łupkową i ciemną barwą wywołaną zawartością substancji organicznej – jej ilość maleje ku stropowi, na korzyść zawartości węglanów. Miąższość łupka ilasto-dolomitycznego waha się od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Najwyższy człon utworów łupka miedzionośnego stanowi łupek dolomityczny - ciemnoszara skała o teksturze płaskorównoległej. Oddzielność łupkowa jest w niej słabiej wyrażona niż w skałach starszych. Miąższość tej warstwy jest zmienna i oscyluje między kilkoma i kilkudziesięcioma centymetrami. Utwory łupka miedzionośnego stopniowo przechodzą w osady wapienia cechsztyńskiego (Rydzewski i Śliwiński, 2007).



Rysunek 1.

Schematyczny profil złoża rud miedzi (KGHM, 2014)

Łupek smolący zbudowany jest z illitu (58%), dolomitu i kalcytu (11%), miedzi (11%), z substancji organicznej (7%), kwarcu detrytycznego (4%) i siarki (3,5%), podrzędnie pojawiają się kaolinit i minerały z grupy montmorylonitu. Skała ma strukturę pelitową, jest laminowana – występują naprzemianległe, czasami zaburzone laminy substancji organicznej, materiału ilastego i sporadycznie występujących soczewek węglanowych oraz fragmentów skał ilasto-bitumicznych. Łupek, dzięki obecności substancji organicznej, zabarwiony jest na kolor brunatno-czarny (Konstantynowicz-Zielińska, 1990). Według Peryta i Oszczepalskiego (2007) substancja organiczna w łupku miedzionośnym waha się od 1 do 30% przy średniej zawartości 6%. Głównym składnikiem organicznym skały jest materiał bezstrukturalny i bituminit (Nowak, 2000). Zawartość bituminów jest niewielka i waha się od 1 do 11%. Zarówno bituminit, jak i stałe bituminy, mogą tworzyć wraz z materią mineralną bitumiczno-mineralne tło. Podstawowymi składnikami frakcji bitumicznej są: n-alkany i izoprenoidy, a także szereg

homologiczny alkiłnaftalenów, fenantreny, dibenzotiofeny, naftobenzotiofeny i policykliczne związki aromatyczne (głównie 4-pierścieniowe). Występowanie materii organicznej ma ścisły związek z procesami złożotwórczymi (Rospondek i inni, 1993; 1994).

Podstawowa masa substancji organicznej jest pochodzenia sapropelowego, głównie z organizmów morskich. Przemawia za tym, między innymi, obecność głównie amorficznego kerogenu. W produktach pyrolizy kerogenu dominują: n-alkany, n-alk-1-eny, toluen, a także metylnaftaleny. Substancja organiczna była gromadzona w środowisku redukcyjnym o czym mogą świadczyć podwyższone zawartości metaloporfiryn oraz obecność tiofenów. Jako źródła substancji organicznych w łupku miedzionośnym sugerowano wiele grup organizmów, między innymi fitoplankton, algi, bakterie. Przy czym najbardziej znaczącą grupą były algi. Produkty ich degradacji wykazują największą zdolność wiązania metali ciężkich (Rospondek i inni, 1993; 1994).

Łupek ilasto-organiczny stopniowo przechodzi w łupek ilasto-dolomityczny. Wśród minerałów skałotwórczych tej odmiany skalnej wymienić należy illit (49%) oraz kalcyt i dolomit (28%). Materiał ilasty i węglanowy występują w skale naprzemiennie. Laminy ilaste mogą być jasnobrunatne lub ciemnobrunatne, a nawet czarne jeśli nastąpiło podkoncentrowanie substancji organicznej. Węglany występują w postaci lamin, soczew wydłużonych zgodnie z uławiceniem oraz pojedynczych ziaren zatopionych w materiale organicznym. W związku ze spadkiem zawartości materiału ilastego skały występując powyżej mają charakter łupków dolomitycznych. Ich głównym składnikiem są węglany (49%), w mniejszej ilości występują minerały ilaste (illit 34%) (Konstantynowicz-Zielińska, 1990).

W całej sekwencji łupka miedzionośnego można obserwować detrytus kwarcowy doprowadzony w warunkach środowiska eolicznego lub morskiego (Konstantynowicz-Zielińska, 1990). Ponadto w obrębie utworów łupka miedzionośnego występują minerały poboczne: muskowit, gips oraz minerały kruszcowe (Tomaszewski, 1978).

SKŁAD CHEMICZNY

Pod względem chemicznym w utworach łupka miedzionośnego przeważa krzemionka (tabela 2). Jest ona głównym składnikiem minerałów ilastych, budujących te skały. Ważnym składnikiem łupków miedzionośnych są również CaO, MgO i CO₂ – ich zawartość w skale jest zmienna. Podobnie zachowują się cynk i ołów, których koncentracja związana jest głównie z łupkami miedzionośnymi (tabela 3). Dużą rolę w procesie tworzenia się złoża LGOM odgrywała siarka – występuje ona w łupkach miedzionośnych w postaci siarczków i siarczanów. Żelazo w postaci dwu- i trójwartościowej pojawia się głównie w minerałach ilastych i jako domieszka w węglanach. Jego zawartość w strefie łupka miedzionośnego jest stała i wynosi około 1,0%. W łupkach ilastych można spotkać 1,5% koncentracje TiO₂, natomiast w łupkach ilasto-dolomitycznych zaznacza się zwiększona zawartość MnO (do 0,19%). W spągowych partiach sekwencji łupka miedzionośnego nastąpiło podkoncentrowanie kobaltu (0,04%) i niklu (0,37%). Najważniejszym, pod względem gospodarczym, pierwiastkiem jest miedź. Jej zawartość procentowa w łupku miedzionośnym waha się w przedziale od 4 do 21% i w profilu pionowym maleje od łupków smolących do łupków dolomitycznych. Pierwiastkiem towarzyszącym minerałom miedziowym jest srebro, którego średnia zawartość w łupku wynosi 0,01%. Ponadto stwierdzono wystąpienia licznych pierwiastków, między innymi Mo, V, Sb, Sn, Au, Cr, Bi, Hg, Re, Se, Te, Ge (Konstantynowicz-Zielińska, 1990; Kucha, 2007).

Tabela 2.
Średni skład chemiczny łupków miedzionośnych – składniki główne (Kucha, 2007)

Składniki chemiczne	Zawartość, % wag
SiO ₂	30,63
Al ₂ O ₃	10,01
CO ₂	9,90
CaO	7,94
MgO	4,05
Na ₂ O	0,32
K ₂ O	2,18
FeS ₂	0,66
FeO	0,49
Fe ₂ O ₃	1,01
MnO ₂	0,15
C _{org.}	8,04
S _S	2,64
S _{SO3}	1,81

Tabela 3.
Średni skład chemiczny łupków miedzionośnych – metale (Konstantynowicz-Zielińska, 1990)

Składniki chemiczne	Zawartość, % wag
Cu	10,48
Ag	0,01
Pb	0,41
Ni	0,37
Mo	0,18
Co	0,04
Zn	0,078

MINERALIZACJA RUDNA

Na całym obszarze złożowym mineralizacja rudna występuje w sposób nieregularny w trzech rodzajach skał: piaskowcach, łupkach i dolomitach. Dla łupka miedzionośnego charakterystyczne jest okruszcowanie typu soczewkowego i żyłkowego (Piestrzyński, 2007). Głównymi nośnikami miedzi dla złoża lubińsko-głogowskiego są: chalkozyn Cu₂S, bornit Cu₅FeS₄, chalkopiryt CuFeS₂, digenit Cu₉S₅ i kowelin CuS. Pierwiastek ten występuje też w postaci rozproszonej w galenie PbS, sfalerycie ZnS i piryście FeS₂ (tabela 4) (Tomaszewski, 1978; Kucha, 2007). Najważniejszym z nich, dominującym we wszystkich trzech typach rudy (ruda piaskowcowa, ruda węglanowa, ruda łupkowa) jest chalkozyn. W łupku maksymalne zawartości chalkozynu wynoszą 40-50%, średnio 8-10%, przy czym najbogatszym w chalkozyn jest łupek smolący.

Bornit występuje w łupku miedzionośnym w postaci żyłek. Jego średnia zawartość w łupku waha się w granicach od 0,4 do 1,63% objętościowego, a procentowy udział w skale uzależniona jest od obecności chalkozynu (jeżeli skała bogata jest w ten składnik ilość bornitu maleje).

Digenit pojawia się w skałach w postaci ksenomorficznych kryształów lub w zrostach z chalkozynem czy bornitem. Jego średnia zawartość mieści się w przedziale 0,1-0,75%.

Chalkopiryt występuje w postaci rozproszonej lub w formie żyłek i gniazd, zwykle w formie ksenomorficznych kryształów. Jest minerałem bardzo rozpowszechnionym w złożu, pojawia się we wszystkich typach rud, jednak jego zawartość jest odwrotnie proporcjonalna do zawartości chalkozynu.

Czwartym pod względem ilościowym minerałem jest kowelin. Jego zawartość procentowa w łupkach miedzionośnych mieści się w granicach 0,25-0,7%, w zależności od rodzaju skały. Kowelin występuje w obrębie pęknięć, na powierzchniach płaszczyzn łupliwości. Tworzy on paragenezy z innymi siarczkami, między innymi z chalkopirytem, często zastępuje inne siarczki miedzi i galenę (Piestrzyński, 2007).

Oprócz tych podstawowych minerałów rudnych na obszarze złożowym oznaczono około 140 minerałów kruszcowych. Za najważniejsze spośród nich należy uznać srebro rodzime. Jego największe koncentracje występują w łupkach miedzionośnych – średnia zawartość wynosi 0,01% (Konstantynowicz-Zielińska, 1990), choć lokalnie może wzrosnąć do 1%. Srebro występuje w postaci ksenomorficznych kryształów i żyłek. Inne istotne minerały rudne to markasyt, tenoryt, kupryt i inne (Piestrzyński, 2007).

Tabela 4.

Zawartość w procentach głównych minerałów miedzi oraz minerałów zawierających miedź w stanie rozproszonym w rudzie łupkowej z kopalni Rudna (Kucha, 2007)

Wartość	Chalkozyn	Bornit	Digenit	Chalkopirynt	Kowelin	Pirynt	Galena	Sfaleryt
średnia	66,94	11,76	8,06	1,97	2,79	0,28	2,28	5,66
min	40,45	4,78	5,23	0,02	0,73	0,02	0,02	0,02
max	78,25	26,16	9,20	7,06	7,96	0,47	4,65	14,2

LITERATURA

- Kijewski, P., Leszczyński, R., 2010, *Węgiel organiczny w rudach miedzi – znaczenie i problemy*, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, nr 79, 131-146.
- Kłapciński, J., Peryt, T., 2007, *Budowa geologiczna monokliny przedsudeckiej*. W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. (red. A.Piesterzyński i in.).
- Konstantynowicz-Zielińska, J., 1990, *Petrografia i geneza łupków miedzionośnych monokliny przedsudeckiej*. Rudy. Met. Niezel., 35, 128-137.
- Kucha, H., 2007, *Mineralogia kruszcowa i geochemia ciała rudnego złoża Lubin-Sieroszowice*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 423, 77-94.
- Nowak, G., 2000, *Wstępne dane nt. składu materii organicznej cechsztyńskiego łupku miedzionośnego z obszaru monokliny przedsudeckiej*. Zeszyty Naukowe. Górnictwo/ Politechnika Śląska, 373-381.
- Oszczepalski, S., 2007, *Paleogeografia basenu cechsztyńskiego*. W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. (red. A.Piesterzyński i in.).
- Peryt, T., Oszczepalski, S., 2007, *Stratygrafia serii złożowej*. W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. (red. A.Piesterzyński i in.).
- Piesterzyński, A., 2007, *Okruszcowanie*. W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. (red. A.Piesterzyński i in.).
- Ridley, J., 2013, *Ore deposit geology*. Cambridge University Press.
- Rospondek, M.J., Fijałkowska, A., Lewandowska, A., 1993, *The origin of organic matter in Lower Silesian copper-bearing shales*. Ann. Soc. Geol. Polon. 63, 85-99.
- Rospondek, M.J., de Leeuw, J.W., Bass M., van Bergen, P.F., Leereveld, H., 1994, *The role of organically bound sulphur in stratiform ore sulphide deposits*. Org. Geochem. 21:1181-1191
- Rydzewski, A., Śliwiński, W., 2007, *Litologia skal złożowych*. W: Monografia KGHM Polska Miedź S.A. (red. A.Piesterzyński i in.).
- Tomaszewski, J., 1978, *Budowa geologiczna okolic Lubina i Sieroszowic*. Geol. Sudetica vol. XIII nr 2: 85-132.
- KGHM, 2014, www.kghm.pl - strona internetowa KGHM Polska Miedź S.A., dostęp: grudzień 2014.