

MAGDALENA GAWRON, TADEUSZ CHODAK,
LESZEK SZERSZEŃ*

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI OSADÓW POFLOTACYJNYCH
ZE ZBIORNIKA „KONRAD” NR 1 W IWINACH
Z UWZGLĘDNIENIEM ICH PRZYDATNOŚCI
DO REKULTYWACJI BIOLOGICZNEJ

Słowa kluczowe: osady poflotacyjne, właściwości fizyko-chemiczne i chemiczne, rekultywacja

Streszczenie

Rekultywacja składowisk odpadów po flotacji rud miedzi jest bardzo trudnym przedsięwzięciem. Odpady poflotacyjne stanowią niekorzystne podłoże do wegetacji większości roślin, o czym świadczy brak zasiedlania tych obiektów przez roślinność nawet kilkadziesiąt lat po wyłączeniu ich z użytkowania. W pracy przedstawiono wybrane właściwości fizyczne, chemiczne i fizyko-chemiczne osadów poflotacyjnych zgromadzonych na terenie zbiornika „Konrad” nr 1 należącego do nieczynnych Zakładów Górniczych KONRAD w Iwinach. W oparciu o przeprowadzone badania podjęto próbę oceny podatności analizowanych osadów na zabiegi rekultywacyjne.

Wstęp

Ruda miedzi wydobyta na powierzchnię wraz ze skałą płonną zawiera średnio około 2% metalu, stąd niezbędnym etapem jej zagospodarowania jest proces przeróbki. Przeróbka kopalni o drobnej mineralizacji jest skomplikowana ze względu na trudności w uwalnianiu minerałów kruszcowych, jak i w późniejszym ich odzyskiwaniu. Uwolnienie kruszców z rud miedzi jest najczęściej wykonywane przez kilkustopniowe mielenie, a następnie separacja minerałów jest realizowana w procesie flotacji. Odpady powstałe w procesie flotacji rudy miedzi mają postać szlamu, tj. wodnej zawiesiny zmielonej rudy. Szlam transportowany jest rurociągami do zbiornika odpadów, gdzie część stała osadza się w zbiorniku, a woda, po oczyszczeniu z osadu, jest tłoczona rurociągami do powtórnego wykorzystania w procesie flotacji rudy. Odpady flotacyjne składają

* Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska

się z bardzo drobnej frakcji skały pływnej i zawierają śladowe ilości minerałów użytecznych i dodatków stosowanych w czasie procesu wzbogacania (m.in. odczynniki pianotwórcze, modyfikujące, zbierające). Zaliczane są do odpadów przerobczych czyli nieużytecznych produktów wzbogacenia kopaliny i składowane są na terenie składowisk odpadów poflotacyjnych.

Ilość odpadów po flotacji rud miedzi, zgromadzonych na obszarze składowisk odpadów należących do Starego Zagłębia Miedziowego, sięga ponad 150 mln Mg [Mizera 1983], w tym powierzchnia tych składowisk przekracza tysiąc hektarów. 80% tej powierzchni wymaga procesów rekultywacji i planowego zagospodarowania.

Rekultywacja składowisk odpadów po flotacji rud miedzi powinna ograniczyć lub minimalizować ujemne oddziaływanie tych obiektów na środowisko, a jednocześnie doprowadzić do pełnienia na nowo przez te obszary określonych funkcji ekologicznych i gospodarczych. Jest to przedsięwzięcie bardzo trudne ze względu na niekorzystne właściwości fizyczne, fizyko-chemiczne i chemiczne zdeponowanych odpadów. Stanowią one niekorzystne podłoże do wegetacji większości roślin, o czym świadczy brak zasiedlania tych obiektów przez roślinność nawet kilkadziesiąt lat po wyłączeniu ich z użytkowania.

Obiekt badań

Zakłady Górnicze „Konrad” wchodzące w skład Starego Zagłębia Miedziowego zlokalizowane były na złożu synkliny grodzieckiej na południowy-wschód od Bolesławca – województwo dolnośląskie. Pierwsze tony rudy miedzi w Z.G. „Konrad” wydobyto w 1953 roku i prace wydobywcze prowadzono do roku 1989, kiedy to zakład przeszedł w stan likwidacji. W okresie eksploatacji Zakładów Górniczych „Konrad” wydobyto łącznie ok. 38 mln ton rudy o średniej zawartości 0,78% Cu w rudzie, co przekłada się na 270 tys. ton miedzi [Paździora 1999]. Odpady poflotacyjne z tej kopalni składowane były na terenie trzech zbiorników poflotacyjnych: Konrad nr 1, Konrad nr 2 i Konrad nr 3 – „Wartowice”. Zbiorniki te pod względem administracyjnym położone są na terenie województwa dolnośląskiego, w powiecie bolesławieckim, w gminie Warta Bolesławiecka.

Przedstawiony w pracy zbiornik osadów poflotacyjnych **Konrad nr 1** realizowany był od roku 1953 w trzech etapach. 13 grudnia 1967 r., w trakcie wykonywania prac w etapie III, nastąpiła awaria zapory czołowej zbiornika (na odcinku ok. 135 m, na pełnej jego wysokości). W wyniku katastrofy śmierć poniosło 18 osób, mieszkańców Iwin, a dalszych 570 osób zostało poszkodowanych [Paździora 1999; Szerszeń i in. 1995]. Po rekonstrukcji zapory czołowej zbiornik ten był ponownie eksploatowany do kwietnia 1971 r. i został wypełniony do

rzędnej około 235 m n.p.m. Powierzchnia składowiska wynosi 129 ha a ilość zgromadzonych w nim odpadów sięga 15,8 mln m³ [Mizera 1983].

W 1978 r. przystąpiono do rekultywacji zbiornika w kierunku leśnym. Przerwano ją z powodu braku środków finansowych. W 1991 r. składowisko obsadzono sadzonkami topoli, brzozy, akacji, sosny i modrzewia. W trakcie inwentaryzacji terenowej w 2006 r. stwierdzono, iż jedynie obrzeża zbiornika i częściowo przedpole wokół akwenu wód opadowych porośnięte są drzewami i samosiejkami. Należy stwierdzić, że przyjęty sposób rekultywacji nie przyniósł oczekiwanych rezultatów. Obrzeża zbiornika wód opadowych porastają płaty roślinności wkraczającej na drodze sukcesji naturalnej, wśród których wyróżnić można: pałkę wodną, trzcinę pospolitą, sit rozpierschły, sit dwudzielny, wrotnicz pospolity.

Metodyka badań

Badaniami przeprowadzonymi w 2006 r. objęto wybrane fragmenty pokrywy glebowej składowiska odpadów poflotacyjnych „Konrad” nr 1 w Iwinach. Próbkę do analiz pobrano w siedmiu wytypowanych punktach, z jednej lub dwóch głębokości. Było to zależne od faktu, czy odsłonięty materiał był jednorodny, czy też w warstwie powierzchniowej obserwowano zmiany jego cech morfologicznych. W pobranych próbkach o naruszonej strukturze analizowano m.in.:

- skład granulometryczny metodą Casagrande’a w modyfikacji Prószyńskiego,
- kwasowość aktualną i potencjalną (pH w H₂O i 1 mol KCl),
- przewodnictwo właściwe (zasolenie) konduktometrycznie w mieszaninie gleba:woda 1:5,
- zawartość form przyswajalnych fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma,
- zawartość magnezu metodą Schachtschabela,
- zawartość azotu metodą Kiejdahla i węgla całkowitego metodą spektrometryczną,
- zawartość węglanu wapnia metodą Scheiblera,
- całkowitą zawartość metali ciężkich: Cu, Pb, Zn, Ni i Cd (metodą AAS).

Wyniki badań

Skład granulometryczny badanych utworów był mało zróżnicowany. Badania próbek osadów poflotacyjnych wykazały, że jest to materiał dobrze rozdrobiony i reprezentuje utwór drobnoziarnisty w większości poniżej 0,02 mm (tab. 1). Wszystkie przebadane próbki, pochodzące z powierzchni składowiska miały skład iłowy. Utwory te zawierały średnio 81,7% części ilastych, w tym 28,2% stanowił ił koloidalny. Zawartość części pylastych wynosiła 17,2%. Utwory te zawierały bardzo mało frakcji piasku (1,1%) i były całkowicie pozbawione frakcji szkieletowych (tab. 1). Analizowane osady poflotacyjne według grup granulometrycznych sklasyfikowano jako ily właściwe i ily pylaste.

Tab. 1. Średni skład granulometryczny odpadów flotacyjnych składowiska „Konrad” nr 1

Składowisko „Konrad” nr 1	Klasa ziarnowa (udział w %)			
	1,0-0,1 mm	0,1-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm
	1,1	17,2	53,5	28,2

Odczyn: Wszystkie analizowane próbki glebowe charakteryzowały się odczynem zasadowym (tab. 2). Wartości pH mierzonego w 1M KCl wahały się od 7,7 do 8,1. Wartości pH zmierzone w wodzie destylowanej (kwasowość aktualna) były zbliżone do zmierzonych w KCl co jest typowe dla utworów zawierających znaczne ilości węgla wapnia. Nie stwierdzono znaczących różnic w odczynie poziomów powierzchniowych i podpowierzchniowych. Silnie zasadowy odczyn analizowanych utworów może ograniczać przyswajalność niektórych składników pokarmowych, a ponadto może wpływać na wzrost toksyczności miedzi.

Zasolenie badanych utworów wykazywało dość istotne zróżnicowanie. Mieściło się ono w granicach od 1512 do 3760 mg·kg⁻¹ (tab. 2). Najwyższe wartości przewodnictwa właściwego (280-720 μS·cm⁻¹) zaobserwowano w poziomach powierzchniowych. Są to wartości dość wysokie, pozwalające zakwalifikować badane utwory do gleb średnio zasolonych, w stosunku do których plony wielu roślin mogą zostać ograniczone.

Zawartość węgla wapnia: Przebadane gleby cechowała wysoka zawartość węgla wapnia (tab. 2). Wartości te wahały się w granicach od 11,7 do 29,8%. Najwyższą zawartość węgla wapnia stwierdzono w ile właściwym na głębokości 0-20 cm. Wysoka zawartość węgla wapnia związana jest z charakterem złoża miedzionośnego, które w ok. 95% profilu stanowiły margle i dolomity.

Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu: Ponad połowę przebadanych prób glebowych charakteryzował całkowity brak przyswajalnego fosforu. Ilość przyswajalnych form fosforu we wszystkich poziomach badanych utworów była bardzo niska, nie przekraczając wartości $0,2 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (tab. 3). Zawartość przyswajalnego potasu w osadach poflotacyjnych kształtowała się w granicach od $10,7 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ do $32,0 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (tab. 3) i była na średnim poziomie (wg wyceny IUNG). Zawartość magnezu we wszystkich badanych próbach była bardzo wysoka. Najniższa obserwowana zawartość magnezu wynosiła $24,0 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ natomiast najwyższa $37,5 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (tab. 3).

Zawartość węgla i azotu ogólnego: Zawartość węgla całkowitego w osadach była zróżnicowana w układzie pionowym, zmniejszała się wraz ze wzrostem głębokości. Jego ilość zdeterminowana jest wysoką zawartością węglanu wapnia w badanych utworach. Udział węgla organicznego w puli węgla całkowitego jest niewielki. Analizowane utwory zawierały od 0,004% do 0,024% azotu (tab. 3). We wszystkich przypadkach zawartość azotu była więc bardzo niska, co pośrednio świadczy o niskiej zawartości próchnicy.

Tab. 2. Wybrane właściwości chemiczne badanych gleb – część I

Profil	Głębokość próby (cm)	Zasolenie ¹	Zasolenie ²	CaCO ₃	pH	
		$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	%	H ₂ O	KCl
1	0-20	280	1512	29,8	8,2	8,1
1	20-30	300	1620	21,8	8,1	7,8
2	0-20	390	2100	12,4	7,9	7,8
3	0-20	630	3240	16,3	7,7	7,6
3	20-30	450	2300	22,5	7,9	7,8
4	0-20	720	3760	12,6	7,8	8,0
5	0-20	390	1850	11,7	7,9	7,7

¹przewodność właściwa roztworu 1:5 (gleba:woda) ²TDS – ang. Total Dissolved Salts

Całkowite formy metali ciężkich: Na obszarze badanego składowiska odpadów poflotacyjnych nie stwierdzono zanieczyszczenia cynkiem, niklem i kadmem, odnosząc wyniki do rozporządzenia Ministra Środowiska (Dz.U. nr 165, poz. 1359). Zanieczyszczenie ołowiem stwierdzono we wszystkich pobranych próbach. Dopuszczalny poziom ołowiu wynoszący dla gleb grupy B $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ był przekraczany 3-4-krotnie (tab. 4). Badane utwory były we wszystkich przypadkach silnie zanieczyszczone miedzią. W poziomach powierzchniowych, zawartość miedzi mieściła się w granicach od $829,7$ do $1878,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a w po-

ziomie 20-30 cm profilu nr 3 osiągała nawet wartość 3128,5 mg·kg⁻¹. Dopuszczalna wg MŚ zawartość miedzi była zatem przekraczana od 8 do 31 razy. Obserwowana na obszarze składowiska zawartość miedzi może powodować toksyczne oddziaływania tego pierwiastka na rośliny.

Tab. 3. Wybrane właściwości chemiczne badanych gleb – część II

Profil	Głębokość próby	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
		%	%	mg·100g ⁻¹		
1	0-20	6,2	0,011	0,2	18,2	24
1	20-30	5,7	0,004	0,1	22,4	31,5
2	0-20	6,6	0,024	0,1	24,7	37,5
3	0-20	4,3	0,013	0,2	32	34,4
3	20-30	1,8	0,008	0	20,7	28
4	0-20	5,5	0,017	0	10,7	28,6
5	0-20	4,3	0,005	0	19,2	26

Tab. 4. Zawartość całkowitych form metali ciężkich w badanych glebach

Profil	Głębokość próby	Cu	Pb	Zn	Ni	Cd
		mg·kg ⁻¹				
1	0-20	1170,5	320,6	60,6	18,2	0,4
1	20-30	924	315,7	53,5	23,4	0,4
2	0-20	1120	435,9	57,4	20,9	0,3
3	0-20	1878,5	270,7	72,3	21	0,3
3	20-30	3128,5	317,5	64,3	20,7	0,3
4	0-20	829,7	298,1	51,2	22,1	0,3
5	0-20	915,5	380,6	61,2	17,9	0,2

Wnioski

Przeprowadzone badania osadów poflotacyjnych, obejmujące fragmenty powierzchniowej pokrywy składowiska „Konrad” nr 1 w Iwinach, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Osady poflotacyjne charakteryzowały się mało zróżnicowanym, ciężkim składem granulometrycznym. Zostały one sklasyfikowane jako ły właściwe i ły pylaste. Twory te w większości przypadków nie zawierały frakcji piasku i były całkowicie pozbawione frakcji szkieletowych.

2. Badane utwory były zasobne w przyswajalny magnez i średnio zasobne w przyswajalny potas. Jednocześnie cechowała je bardzo niska zawartość przyswajalnego fosforu.
3. Osady poflotacyjne charakteryzował silnie zasadowy odczyn i wysoka zawartość węglanu wapnia. Fakt ten może w znacznym stopniu ograniczać przyswajalność niektórych składników pokarmowych dla roślin, a dodatkowo może wpływać na wzrost toksyczności niektórych pierwiastków śladowych.
4. Badane utwory cechowała wysoka zawartość miedzi sięgającą nawet ponad 3 tys. mg·kg⁻¹. Przeprowadzone analizy wykazały również obecność pozostałych pierwiastków śladowych tj. Zn, Ni, Pb i Cd. Zawartości tych pierwiastków, za wyjątkiem ołowiu, pozostawały na poziomie, przy którym nie są one toksyczne dla roślin.

Literatura

1. MIZERA A.: *Rekultywacja i zagospodarowanie zbiornika nr 1 w Z.G. Konrad. ZBiPM „Cuprum”*. Wrocław 1983
2. PAŹDZIORA J.: *Monografia Zakładów Górniczych „Konrad”*. Iwiny 1999
3. SZERSZEŃ L., CHODAK T.: *Wpływ przemysłu miedziowego na środowisko rolnicze. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 418 - część I. Warszawa 1995

SELECTED PROPERTIES OF AFTER-FLOTATION WASTES FROM “KONRAD” No 1 RESERVOIR IN IWINY WITH REGARD TO THEIR UTILITY FOR BIOLOGICAL RECLAMATION

Key words: after-flotation wastes, chemical and physical-chemical properties, reclamation

S u m m a r y

The reclamation of dumping sites of wastes after floatation of copper ores is a very difficult undertaking. The after-flotation wastes are disadvantageous ground for vegetation of the majority of plants, which is attested by the lack of plant settling on these objects – even tens years after their excluding from exploitation. The selected physical, chemical and physico-chemical properties of after-flotation wastes, that were settled in the reservoir Konrad No. 1 – adherent to the inoperative KONRAD Miner Institution in Iwiny – were introduced in the paper. On the basis of the research a trial of evaluation of the analysed wastes' susceptibility to reclamation was undertaken.

Publikacja finansowana z projektu pt. „Drugi program stypendialny dla doktorantów Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu”. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego oraz budżet państwa w ramach Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego. Środki Europejskiego Funduszu Społecznego stanowią 75% wartości projektu, natomiast środki budżetu państwa wynoszą 25%.