

WYKORZYSTANIE SZLAMÓW POFLOTACYJNYCH RUDY SIARKOWEJ DO REKULTYWACJI TERENÓW POEKSPLOATACYJNYCH W GÓRNICTWIE OTWORKOWYM SIARKI

Wprowadzenie

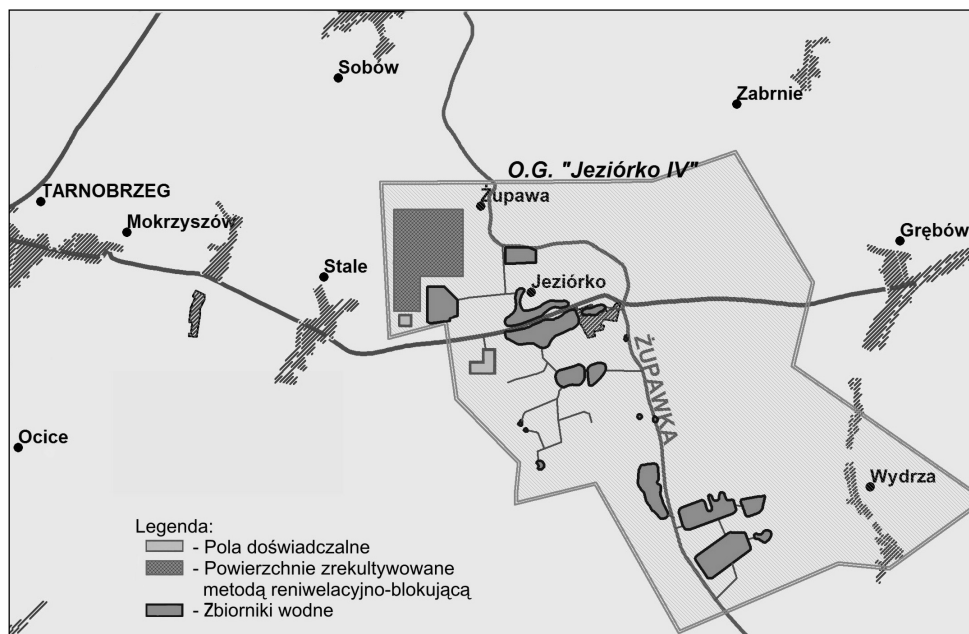
Działalność rekultywacyjna może być prowadzona również poprzez gospodarze wykorzystanie odpadów powstających w tym samym przedsiębiorstwie, które jest sprawcą innych negatywnych przekształceń. Dobrym przykładem są powstające w górnictwie węgla kamiennego odpady służące do niwelacji niecek zapadliskowych i budowy obwałowań rzek [Strzyszc 2004]. Również w górnictwie rud cynku i ołowiu wytwarzane szlamy poflotacyjne stosowane są do wypełnienia starych wyrobisk górnictwa odkrywkowego, przy zachowaniu bezpiecznych warunków składowania poprzez utworzenie odpowiednio skonstruowanej warstwy izolującej, a także przy likwidacji istniejących na tym terenie zapadlisk po osiadaniach nieciągłych spowodowanych płytką eksploatacją podziemną [Gołda i in. 1998, Strzyszc 1980].

Zastosowane odpady stanowią utwory podścielające lub bezpośrednią warstwę zewnętrzną (skalę macierzystą), na której prowadzone są dalsze prace rekultywacyjne z zadaniem przetworzenia tych bezglebowych utworów w nowe, inicjalne gleby.

Górnictwo otworowe siarki powodowało drastyczne przekształcenia powierzchni w obrębie pól eksploatacyjnych, ujawniające się osiadaniem terenu o maksymalnych obniżeniach dochodzących do nawet 8 metrów, znacznymi zmianami stosunków wodnych pierwszego horyzontu wodonośnego i sieci wód powierzchniowych poprzez zakłócenie warunków spływu powierzchniowego z powstaniem zalewisk wodogruntowych lub gruntów silnie podtopionych. Dodatkowym powszechnie występującym przekształceniem chemicznym, związanym z charakterem wydobywanej kopaliny, było zasiarczenie powierzchni jako wynik przedostawania się siarki i silnie zmineralizowanych wód złożowych. Wzajemnie powiązane przekształcenia czyniły pola górnicze obiektami bardzo trudnymi do rekultywacji, co zmuszało do poszukiwania nowych metod naprawczych [Siuta, Lekan. 1972; Skawina i in. 1972].

Szczególne duże zmiany wystąpiły w kopalni „Jeziórko” spowodowane przez niekorzystne, pierwotne właściwości pokrywy glebowej (gleby piaszczyste o niskich klasach bonitacyjnych) oraz płaskie ukształtowanie terenu o niewielkich nachyleniach. Wstępne wyniki badań oraz wykonane prognozy zmian wskazywały na duże trudności w uregulowaniu stosunków wodnych, a także na konieczność mechanicznego usunięcia większych skupisk siarki pochodzących z licznych wycieków (erupcji). Zaproponowana metoda reniwe-

lacyjno-blokująca zakładała wykorzystanie do rekultywacji podstawowej wszystkich powstających w Kopalni „Machów” szlamów poflotacyjnych, składowanych dotychczas w dwóch dużych osadnikach. Ta nowa, skojarzona metoda pozwoliła na zrezygnowanie z budowy dodatkowego stawu osadowego dla kopalni „Machów”, a jednocześnie odpad ten umożliwiał techniczne zrekultywowanie drastycznie przekształconych pól górniczych w kopalni „Jeziórko” o powierzchni około 1 500 ha, poprzez zaizolowanie i zablokowanie siarki przy jednoczesnym podniesieniu rzędnej terenu powyżej zwierciadła wód gruntowych (rys. 1).



Rys. 1. Kopalnia siarki „Jeziórko” z lokalizacją powierzchni doświadczalnych i wdrożeniowych

Materiały i metody

Szlamy poflotacyjne są odpadem z flotacyjnego wzbogacania rudy siarkowej - z serii miocenijskich wapieni siarkonośnych. Otrzymaną w ten sposób siarkę (około 25 % rudy) poddawano rafinacji i ewentualnie dalszej przeróbce chemicznej, natomiast pozostałość rudy jako odpad, przesyłano hydrotransportem na dwa osadniki o łącznej powierzchni 320 ha, w których zgromadzono ponad 36 mln Mg szlamów (w przeliczeniu na suchą masę). Wielka część tego materiału była wykorzystywana jako wapno rolnicze [Dubiel i in. 1964]. Korzystne właściwości tego odpadu dla prac rekultywacyjnych wynikały z jego składu mineralnego i chemicznego. Dominował w nim kalcyt (70 % - 80 %), minerały ilaste (5 % - 10 %), gips (3 % - 10 %), siarka rodzima (ponad 3 %) i celestyn [Iwanciw 1992, Szczepańska 1976]. Właściwości neutralizujące szlamów spełniały kryteria określone w normach

dla wapna rolniczego i pozwalały na wykorzystanie tego odpadu do wapnowania gleb [Gajek 1988]. W trakcie składowania następowało rozfrakcjonowanie, jednak dla prac badawczych oznaczono skład ziarnowy odpadów w etapie flotacji lub po mechanicznym urobku ze skarp osadników. Na podstawie średnich wartości (tab. 1) utwory te można zaliczyć wg podziałów stosowanych w gleboznawstwie: do glin średnich pylastych na granicy z glinami lekkimi pylastymi (wg BN-78/9180-11) lub glin piaszczystych (wg PN-R-04033). Wg podziału gruntoznawczego są to pyły piaszczyste (PN-74/B-02480).

Tabela 1. Uśredniony skład granulometryczny szlamów poflotacyjnych
Liczebność próby –39

Średnica ziarna w mm	1,0-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	<0,002
Średnia w %	39	14	13	18	9	7
Od. stand. w %	5,3	2,1	2,3	2,3	2,4	0,8

Charakterystycznymi właściwościami szlamów poflotacyjnych były przede wszystkim:

- bardzo wysoka zawartość węgla wapnia,
- mało zmienny, lekko zasadowy odczyn,
- brak związków organicznych,
- duża zawartość siarki elementarnej niespotykana w glebach naturalnych,
- duża zawartość przyswajalnych form magnezu,
- średnia zawartość przyswajalnych form potasu i bardzo mała zawartość przyswajalnych form fosforu.

Ponadto utwory te cechowały się niższą sorpcją i wartością wskaźnika plastyczności niż wynikało to z ich składu granulometrycznego.

Spośród składników oznaczonych w silnych rozpuszczalnikach (ilość zbliżona do zawartości całkowitej) dominował wapń, przy wysokiej zawartości strontu. Zawartość metali ciężkich nie przekraczała wartości dopuszczalnych w glebach i ziemi określonych dla terenów grupy B (użytkowanych rolniczo) w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. (tab. 2).

Podstawowa przydatność zaproponowanych do wykorzystania szlamów poflotacyjnych wynikała z dużej ilości wytwarzanej w skali rocznej (około 2 mln Mg), podanego składu mineralogiczno-chemicznego oraz korzystnego uziarnienia. Wadliwymi cechami odpadu były natomiast niskie wartości wskaźnika plastyczności (2,5 %) charakterystyczne dla utworu bardzo mało spoiwych, niskie wartości granic plastyczności i płynności, co powodowało łatwe przechodzenie utworów w stan miękko plastyczny czy nawet płynny po wiosennych roztopach czy większych opadach.

Tabela 2. Uśrednione właściwości szlamów poflotacyjnych

Liczebność próbek = 39

Cecha	pH		Zawartość CaCO ₃ %	Zawartość S ^o %	Zawartość przyswajalnych mg/100g			Sorpcja BM cmol(+)/kg	L _y %	L _p %
	H ₂ O	KCl			K	P ₂ O ₅	Mg			
śred.	7,4	7,3	70,2	3,7	8,4	0,3	15,1	4,1	21,8	19,3
od.st.	0,1	0,1	5,2	0,5	2,1	0,3	4,1	0,5	1,9	2,0

Całkowite zawartości składników													
składnik	Na	Mg	K	Ca	Fe	Sr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
%							mg/kg						
śred.	0,22	0,24	0,13	28,8	0,42	1,2	612	88	86	13	40	1,2	29
od.st.	0,06	0,11	0,04	2,1	0,12	0,23	168	16	41	3,1	9,8	0,4	15

Zawartość składników w wyciągu wodnym (5: 1) w mg/100 g											
Pierw.	Na	Mg	K	Ca	Fe	Sr	Mn	HCO ₃	Cl	SO ₄	Miner.
śred.	24	5,6	3,9	348	0,1	6,6	0,4	34	19	398	857
od.st.	5,2	1,6	1,3	64	0,08	3,4	0,2	2,1	5,2	54,1	112

Opracowana na podstawie doświadczeń kolejność uprawy roślin (płodozmian rekultywacyjny):

- lucerna siewna z mieszanką traw uprawiana przez 4 - 5 lat (częściowo na „zielony nawóz”),
- rzepak ozimy,
- pszenica ozima,
- lucerna siewna z mieszanką traw,

sprawdziła się w praktyce i został wdrożony na większym areale. Uprawiane rośliny cechowały się wysokim i powtarzalnym plonowaniem, a uzyskiwane plody spełniały wszystkie kryteria przydatności do spożycia.

Uzyskane rezultaty badań stanowiły podstawę do opatentowania metody i podjęcia prac nad wybudowaniem instalacji przesyłowej dla hydrotransportu o długości około 15 km [Gołda i in. 1993]. Do roku 1992 przesłano na tereny poeksploatacyjne kopalni „Jeziórko” około 3 mln Mg szlamów, co pozwoliło na zaizolowanie i utworzenie nowej powierzchni uprawowej na około 100 ha (rys. 1). Dalsze wdrażanie zostało niespodziewanie przerwane, po podjęciu decyzji o zamknięciu kopalni „Machów” i zaprzestania wydobycia siarki metodą odkrywkową.

Wyniki badań

Założone powierzchnie doświadczalne oraz zrehabilitowane pola górnicze przy zastosowaniu szlamów poflotacyjnych objęto badaniami mającymi określić zmiany jakie zachodzą w tym materiale pod wpływem zainicjowanych, pierwszych procesów glebotwórczych.

Warunkiem życia mikrobiologicznego była wprowadzona roślinność, dla wzrostu której niezbędne było wykonanie:

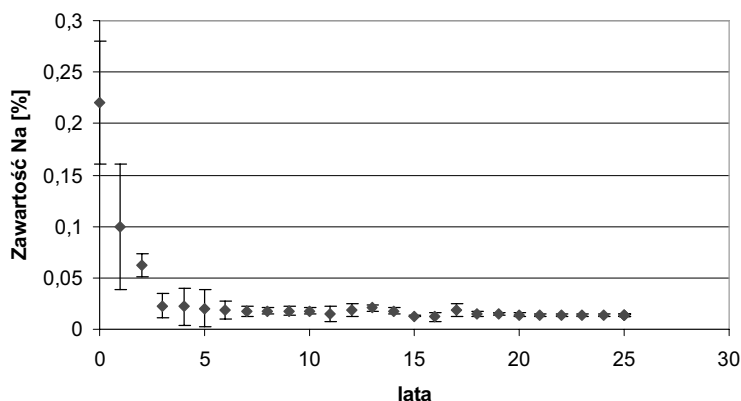
- zabiegów uprawowych ułatwiających tworzenie struktur, w tym przede wszystkim pozostawianie „ostrej skiby” na okres zimowy,
- siewu lucerny w mieszance z trawami (z pozostawieniem części masy na „zielony nawóz”),
- podwyższonego nawożenia mineralnego dla wyrównania zawartości podstawowych składników (fosfor i potas),
- odpowiedniego zmianowania roślin.

Stan zdrowotny roślin i wysokość plonów potwierdzały poprawność zastosowanych zabiegów.

Zdolności neutralizacyjno-blokujące szlamów. Badania nad skutecznością neutralizacyjno-blokującą zastosowanych szlamów prowadzono wyłącznie w miejscach, gdzie ich warstwa wynosiła 0,7 do 1,2 m. Założono bowiem, że ewentualne negatywne oddziaływanie z izolowanej, toksycznej powierzchni przy większej miąższości szlamów nie będzie miało znaczenia dla uprawianej roślinności, ze względu na ograniczony zasięg strefy korzeniowej.

Duża zawartość węgla wapnia (70 %) stworzyła warunki na pełną neutralizację kwasowości pokrytych warstw gruntu. W badaniach nie stwierdzono wstępującego zakwaszania warstwy pokrywowej ale przemieszczane ze szlamów alkalia zneutralizowały kwasowość pokrytego gruntu do głębokości 25-40 cm. pH_{KCL} wzrosło z 2,5-3,3 do 6,6-7,2. Kontrolne badania przeprowadzono po czterech lub pięciu latach od wykonanej izolacji.

Zmiany niektórych właściwości szlamów. Wieloletnie badania pozwoliły na udokumentowanie zmian szeregu właściwości szlamów. Przemieszczanie się związków łatwo rozpuszczalnych w głąb było ewidentne. Było ono intensywniejsze w warstwie 0-20 cm niż głębiej. Nie dotyczy to sodu. Ze względu na dużą wymywalność sodu nie stwierdzono różnic jego zawartości do głębokości 70 cm. Największy ubytek trwał tylko trzy lata, po którym zawartość tego składnika ustabilizowała się na mało zmiennym niskim poziomie 0,02 % (rys. 2).



Rys. 2. Średnia i odchylenie standardowe zawartości sodu w warstwie 0-70 cm w szlamach po flotacyjnych w poszczególnych latach obserwacji

Zawartość siarki elementarnej zmniejszała się w wyniku jej biologicznego utleniania. Siarka i jej związki, na niższym stopniu utlenienia niż siarczany są dostarczycielami elektronów i energii niezbędnej dla procesów życiowych bakterii [Siuta 1989]. Duża zawartość siarki elementarnej w szlamach poflotacyjnych, na poziomie 3,7 %, wynikała z niecałkowitego odzyskania podstawowego surowca z rudy w procesie flotacji. Ta specyficzna domieszka aktywnego chemicznie składnika w ilościach nie notowanych w glebach uprawnych, wpływa na zmniejszenie zdolności neutralizującej tego odpadu wapniowego. Istniały również przypuszczenia ujawnienia się negatywnych skutków wywołanych powstawaniem nowych związków siarki o różnych właściwościach zależnych od stopnia utlenialności, od toksycznego siarkowodoru (-II) do wytrąceń gipsowych (VI). Pomimo tak wysokiej zawartości, siarka elementarna znajdująca się w szlamach zgromadzonych w osadnikach nie ulegała znaczącym przemianom, co można wytłumaczyć minimalną aktywnością mikrobiologiczną, wynikającą z niekorzystnych warunków powietrzno – wodnych, jak i brakiem składników pokarmowych potrzebnych dla rozwoju mikroorganizmów.

Zmniejszanie zawartości siarki elementarnej w szlamach użytych do izolacji zachodziło z największą dynamiką w warstwach powierzchniowych, w których po rocznym użytkowaniu średnia zawartość siarki obniżyła się z 3,7 % do 2,2 %. Odpowiada to ubytkowi około 60 000 kg siarki z warstwy 0-20 cm na jednym hektarze. W drugim roku proces ten wykazywał podobną dynamikę, a ubytek siarki wyniósł prawie 50 000 kg. W trzecim roku ubytek siarki z tej warstwy był już o połowę mniejszy i wyniósł 25 600 kg, w czwartym 14 400 kg, w piątym już tylko 1 600 kg, w szóstym był nieco wyższy i wyniósł 6 800 kg. Różnica pomiędzy średnimi zawartościami siarki elementarnej w poszczególnych latach, do ósmego roku obserwacji była statystycznie istotna. W kolejnych latach ubytek ten był już coraz mniejszy, co wiąże się z niewielką ilością siarki elementarnej jaka pozostała w tej warstwie. Po 12 latach badań zawartość tej formy siarki była już praktycznie stała, a wielkość zmian mieściła się w granicach błędów analitycznych. Zawartość siarki w warstwach powierzchniowych w poszczególnych latach obserwacji charakteryzują wielkości zamieszczone w tab. 3.

Tabela 3. Zawartość siarki elementarnej w powierzchniowej warstwie szlamów poflotacyjnych (0-20 cm) w kolejnych latach obserwacji. Liczebność prób w poszczególnych latach od 10 do 15

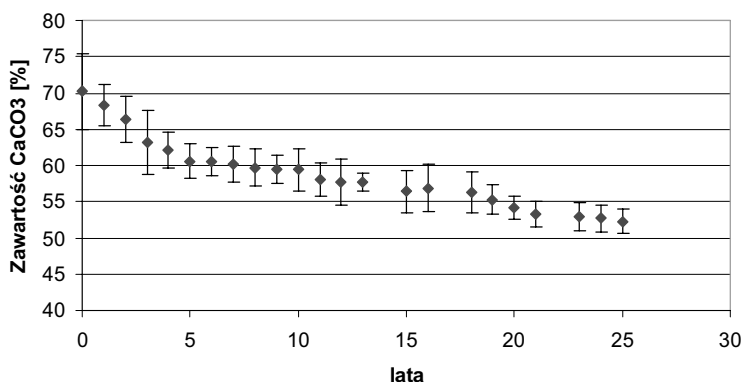
Rok badań	Średnia zaw. S _{elem.} -W %	Odchylenie standardowe	Rok badań	Średnia zaw. S _{elem.} -W %	Odchylenie Standardowe
0	3,74	0,215	11	0,09	0,055
1	2,20	0,360	12	0,07	0,021
2	1,40	0,109	13	0,07	0,035
3	0,74	0,040	14	0,07	0,021
4	0,42	0,029	17	0,07	0,008
5	0,38	0,028	20	0,07	0,007
6	0,21	0,031	21	0,07	0,011
7	0,18	0,009	23	0,06	0,009
8	0,12	0,043	24	0,06	0,010
9	0,12	0,036	25	0,05	0,009
10	0,12	0,028			

Trzecim, niezmiernie interesującym procesem było zmniejszanie się w szlamach zawartości węglanu wapnia. Proces dekalcytacji w warstwach przypowierzchniowych zachodził w pierwszych pięciu latach bardzo szybko, na poziomie około 2 % w skali rocznej. Tak duży ubytek wynikał z łącznego działania dwóch procesów:

- 1) neutralizacji „in situ” kwasu siarkowego powstające po utlenieniu siarki elementarnej,
- 2) przechodzeniem węglanów w dwuwęglany i ich wypłukiwaniem do warstw głębszym.

Systematyczne zmniejszanie zawartości siarki elementarnej wpłynęło na obniżenie tempa ubytku węglanów wapnia. Od 6 do 25 roku, średni ubytek roczny wynosił już tylko 0,3-0,4 % i można zakładać, że będzie to wartość spowodowana naturalnym, w naszych warunkach, procesem wymywania węglanu wapnia z warstw powierzchniowych (rys.3).

Ubytek węglanu wapnia w warstwach głębszych (20-70) był około dwukrotnie mniejszy w stosunkach do warstw powierzchniowych.



Rys 3. Średnia i odchylenie standardowe zawartości węglanu wapnia w warstwie 0-20 cm szlamów poflotacyjnych w kolejnych latach obserwacji

Dyskusja wyników

Zastosowanie szlamów poflotacyjnych do izolacji silnie zanieczyszczonych pól górniczych z równoczesnym podniesieniem rzędnej powierzchni potwierdziło ich wysoką przydatność do technicznej rekultywacji gruntu w kopalni siarki „Jeziórko”. Zamknięcie kopalni siarki „Machów” uniemożliwiło kontynuowanie tej metody rekultywacji gruntu w Jeziórku. Dysponowanie powierzchniami badawczymi i około stu hektarową powierzchnią wdrożeniową pozwoliło na prowadzenie dalszych badań dotyczących przemian, jakie zachodzą w szlamach w wyniku zainicjowania procesów glebotwórczych. Uzyskane wyniki udokumentowały szereg przemian zarówno o charakterze poznawczym jak i praktycznym. Do najważniejszych spostrzeżeń można zaliczyć:

1. Sole sodu, występujące w różnych odpadach stosowanych w rekultywacji ulegają szybkiemu wypłukaniu do poziomu bezpiecznego dla roślin na drodze naturalnego przemycia wodami opadowymi. Ilość wypłukiwanych soli powinna zostać oznaczona i obliczona dla określenia ewentualnego wpływu na pogorszenie składu chemicznego wód grun-

towych. W przypadku zastosowanych szlamów po flotacji rud siarkowych negatywne oddziaływanie może się ujawnić przy izolacji warstwą o grubości większej niż 1 metr. Szybkie zmniejszanie w tych utworach soli metali jednowartościowych może być jednym z czynników wpływających na poprawę niektórych właściwości fizycznych rekultywowanych utworów np. poprzez podniesienie wartości granic konsystencji. Korzystne zmiany zaobserwowano w pracach terenowych oraz zostały potwierdzone badaniami granic konsystencji.

2. Utlenienie siarki elementarnej w szlamach poflotacyjnych zależy od aktywności mikrobiologicznej. Wprowadzona roślinność i zrównoważenie zawartości składników spowodowały szybki ubytek tego składnika, którego całkowite utlenienie w warstwach ornych trwało 7-8 lat, a w warstwach głębszych o 2-4 lata dłużej.
3. Neutralizacja kwasu siarkowego spowodowała zmniejszenie zawartości węgla wapnia o około 10 % w stosunku do wartości wyjściowej. Produktem neutralizacji jest siarczan wapnia, przechodzący częściowo w gips. Powstający gips nie wpłynął negatywnie na właściwości szlamów.

Wnioski

Odpady z flotacji rudy siarkowej składowano był w stawach osadowych zajmujących 320 ha. Zaproponowana metoda reniwelacyjno-blokująca miała za zadanie wykorzystanie tego odpadu do rekultywacji silnie przekształconych powierzchni w otworowej kopalni siarki. Wyniki badań poletkowych oraz na powierzchniach wdrożeniowych pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Szlamy poflotacyjne rudy siarkowej posiadają korzystne właściwości neutralizacyjne, wynikające z dużej zawartości węgla wapnia.
2. Potencjalnie produktywne właściwości szlamów i korzystny skład granulometryczny pozwalają na prowadzenie na tym odpadzie upraw rolnych, przy przestrzeganiu poprawnych zasad agrotechnicznych.
3. Zachodzące w szlamach zmiany pozwoliły udokumentować ubytek szeregu pierwiastków i związków w procesie utlenienia (siarka elementarna), neutralizacji lub wylugowania do warstw głębszych. Kontrolne badania są pomocne przy wprowadzaniu niezbędnych korekt w trakcie opracowywania zasad użytkowania, związanych np. obniżaniem zawartości podstawowych składników odżywczych.
4. Uprawa roślin przyczyniła się do powstania poziomu orno-próchniczego.
5. Zdeponowane w osadnikach szlamy poflotacyjne powinny być zaliczone do antropogenicznych zasobów wapna do przyrodniczego użytkowania.

Piśmiennictwo

1. Dubiel W., Schultis J. 1964. O możliwości zastosowania wapna poflotacyjnego do wapnowania gleb kwaśnych. Pam. Puławskie, z.17. Puławy.
2. Gajek F. 1988. Synteza przeprowadzonych dotychczas badań nad rolniczą przydatnością wapna poflotacyjnego, otrzymywanego w procesie wzbogacania rudy siarkowej metodą flotacji. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Maszynopis.
3. Gołda T. i współautorzy 1993. Świadczenie Autorskie o dokonaniu wynalazku pt. Sposób hydro-mechanicznego namywania terenów, zwłaszcza poeksploatacyjnych w górnictwie otworowym siarki, nr 285582. Warszawa.
4. Gołda T., Naworyta W. 1998. Zagospodarowanie wyrobisk odkrywkowych po eksploatacji rud cynku i ołowiu w Zagłębiu Olkuskim. Górnictwo Odkrywkowe Nr 2-3. Wrocław.108-117.
5. Iwanciw J. 1992. Określenie głównego składu fazowego w szlamach poflotacyjnych pod kątem wykrycia związków powstających z utleniania siarki elementarnej. Maszynopis. AGH. Kraków.
6. Siuta J. 1980. Siarka w biosferze. PWRiL. Warszawa.
7. Siuta J., Lekan S. 1972. Rekultywacja gleb zdewastowanych w procesie otworowej eksploatacji siarki. XIX Ogólnopolski Zjazd Naukowy PTG. Ochrona środowiska glebowego. Kraków-Katowice. Komunikaty. Puławy. 151–158.
8. Skawina T., Trafas M., Gołda T. 1972. Problemy rekultywacji terenów pogórnicznych Kopalni Siarki „Jeziórko”. Ochrona Terenów Górniczych nr 20. Katowice. 3 – 13.
9. Strzyszczyński Z. 1980. Właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne odpadów poflotacyjnych rud cynku i ołowiu w aspekcie ich biologicznej rekultywacji. Archiwum Ochrony Środowiska, nr 3 - 4. Wrocław.
10. Strzyszczyński Z. 2004. Ocena przydatności i zasady stosowania różnorodnych odpadów do rekultywacji zwałowisk oraz terenów zdegradowanych działalnością przemysłową. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN. Zabrze.
11. Szczepańska J. 1976. Geologiczno-inżynierska charakterystyka poflotacyjnych utworów osadnikowych Kopalni „Piaseczno”. PAN Oddział w Krakowie. Komisja Nauk Geologicznych. Prace Geologiczne 96. Kraków.

Streszczenie

Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych w kopalni siarki „Jeziórko” wymagała opracowania nowych metod naprawczych, ze względu na synergiczne oddziaływanie przekształceń chemicznych, geo-mechanicznych i hydrologicznych. Zaproponowana metoda reniwelacyjno-blokująca pozwalała dzięki zastosowaniu odpadowych szlamów po flotacji rud siarki na równoczesne zablokowanie i neutralizację skażeń oraz podniesienie rzędnej terenu powyższej zwierciadła wody. Prowadzone badania na powierzchniach doświadczalnych i wdrożeniowych potwierdziły pełną przydatność tego odpadu do rekultywacji podstawowej oraz prowadzenia na tym materiale upraw rolnych. Praca zawiera wybrane wyniki dokumentujące niektóre zmiany zachodzące w szlamach pod wpływem zainicjowanych procesów glebotwórczych. Uzyskane wyniki opisują tempo wypłukiwania sodu, dynamikę dekalcytacji, oraz szybkość utleniania siarki elementarnej.

Słowa kluczowe: rekultywacja, odpady, szlamy poflotacyjne, kopalnia siarki

THE USE OF SULPHUR ORE POST-FLOTATION SLUDGE IN THE RECLAMATION OF POST-EXPLOITATION AREAS IN BOREHOLE SULPHUR MINING

Abstract

The reclamation of post-exploitation areas in the sulphur mine „Jeziórko” required new remediation methods due to synergic effects of chemical, geo-mechanical and hydrologic transformations. The proposed re-levelling and blocking method allows - due to the application of sludge remaining after the flotation of sulphur ores – simultaneous blocking and neutralization of pollution and rising the terrain elevation above the groundwater table. The research done on experimental and implementation fields confirmed full usefulness of this kind of waste in basic reclamation and agricultural use of the area. The paper contains selected results documenting some changes in sludge, under the influence of soil-forming processes. The obtained results describe the speed of washing out sodium, dynamics of decalcitation and speed of the oxidation of elementary sulphur.

Key words: reclamation, wastes, post-flotation wastes, sulphur mine

Dr inż. Tadeusz Gołda
Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica
30-059 Kraków a. Mickiewicza 30