

STAN CHEMICZNY WÓD POWIERZCHNIOWYCH W REJONIE SKŁADOWISKA ODPADÓW POFLOTACYJNYCH KOPALNI RUD ZN-PB „TRZEBIONKA” NA ETAPIE JEGO ZAMYKANIA

CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATERS IN THE VICINITY OF A FLOTATION TAILINGS STORAGE SITE FOR “TRZEBIONKA” ZINC AND LEAD ORE MINE IN THE CLOSING DOWN PHASE

BEATA KŁOJZY-KARCZMARCZYK¹, JANUSZ MAZUREK¹

Abstrakt. W pracy przedstawiono wybrane aspekty procesu zamykania i rekultywacji przykładowego składowiska odpadów poflotacyjnych, omówione w kontekście zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego przed niekorzystnym oddziaływaniem zanieczyszczonych wód opadowych i odciekowych. Analizie poddano lokalne warunki geologiczne i hydrogeologiczne w zasięgu stawu osadowego ZG „Trzebionka” S.A. (w likwidacji), w odniesieniu do możliwości przesączania wód opadowych i odciekowych do wód podziemnych. Podano propozycję rozwiązań w zakresie odprowadzenia nadmiaru wód z terenu zamykanego składowiska oraz omówiono problematykę zabezpieczenia powierzchni składowiska przed pyleniem w okresach suchych. W pracy przedstawiono aktualne wyniki oceny jakości wód w rowach opaskowych i ciekach powierzchniowych w rejonie składowiska oraz wstępną ocenę zmian chemizmu wód odciekowych po zaprzestaniu eksploatacji składowiska.

Słowa kluczowe: zamykanie i rekultywacja składowiska odpadów poflotacyjnych, zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych, uszczelnienie składowiska, odprowadzanie wód opadowych, pobór wód, monitoring środowiska.

Abstract. The paper presents selected aspects of the closure and reclamation of a flotation tailings storage site in the context of protecting the soil and water environment from the adverse effects of polluted rainwater and leachate. It discusses the local geological and hydrogeological conditions within the sedimentation pond of the currently closed down ZG “Trzebionka SA” in relation to the possibility of rainwater and leachate seepage into groundwater. The paper provides information on practical solutions regarding the drainage of excess water from the area of the storage site and discusses the possibility of supplying water for biological reclaim in dry periods. The data come from a project of reclaiming ZG “Trzebionka” flotation tailings storage site carried out by the authors. The paper also presents updated results of water quality assessment in draining ditches and surface water courses in the vicinity of the storage site and a preliminary assessment of the changes in chemical composition of leachate following the closure of the storage site.

Key words: closure and reclamation of flotation tailings storage sites, pollution of surface water and groundwater, sealing the storage site, rainwater drainage, water tapping, environmental monitoring.

WPROWADZENIE

W Polsce, zdecydowana większość składowisk odpadów pogórnich, podobnie jak staw osadowy ZG „Trzebionka” S.A. (obecnie w likwidacji) (fig. 1), zakładana była bez-

pośrednio na powierzchni terenu, bez jakiegokolwiek wstępnego zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego przed możliwością przenikania do wód podziemnych zanieczysz-

¹ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, ul. Wybickiego 7, 30-950 Kraków; e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl; jan@min-pan.krakow.pl

czeń, pochodzących z masy transportowanych hydraulicznie i nagromadzonych odpadów. Jedyną ochroną dla poziomów wodonośnych mogły stanowić naturalne warstwy izolujące, jeżeli występowały w sposób ciągły w podłożu składowiska. Dodatkowa ochrona wód powierzchniowych (pośrednio też podziemnych) realizowana była poprzez systemy rowów opaskowych, ujmujących spływ wód opadowych i odciekowych. W przypadku składowiska odpadów poflotacyjnych ZG „Trzebieńka” wody te były zawracane i wykorzystywane w procesie technologicznym lub kierowane do zraszania skarp składowiska w celu minimalizacji uciążliwego pylenia najdrobniejszej frakcji odpadów, szczególnie zauważalnego w okresach suchych. Po zakończeniu działalności zakładu wydobywczego nastąpiło zdecydowane ograniczenie ilości wody dostarczanej na staw osadowy, jednak procesy konsolidacji odpadów i migracji zanieczyszczeń zachodzą w ma-

sywie odpadów w dalszym ciągu. Dodatkowo, w wyniku zaprzestania pompowania zwrotnego wody, pojawia się problem wykorzystania nadmiaru wód opadowych i odciekowych. W celu zapewnienia prawidłowej gospodarki wodami na etapie zamykania składowiska, istotnym elementem jest odpowiedni system odprowadzenia nadmiaru wód z terenu rekultywowanego obiektu oraz system poboru wody z przeznaczeniem do zraszania rekultywowanych powierzchni w okresach suchych. Należy dokonać oszacowania wydajności systemu drenażowego oraz określić warunki poboru wód powierzchniowych lub podziemnych w celu zraszania składowiska na etapie rekultywacji biologicznej. Istotne znaczenie posiada również opracowanie realnego systemu monitorowania jakości wód odciekowych oraz stanu środowiska gruntowo-wodnego w rejonie oddziaływania składowiska (Kłojzy-Karczmarczyk i in., 2003).

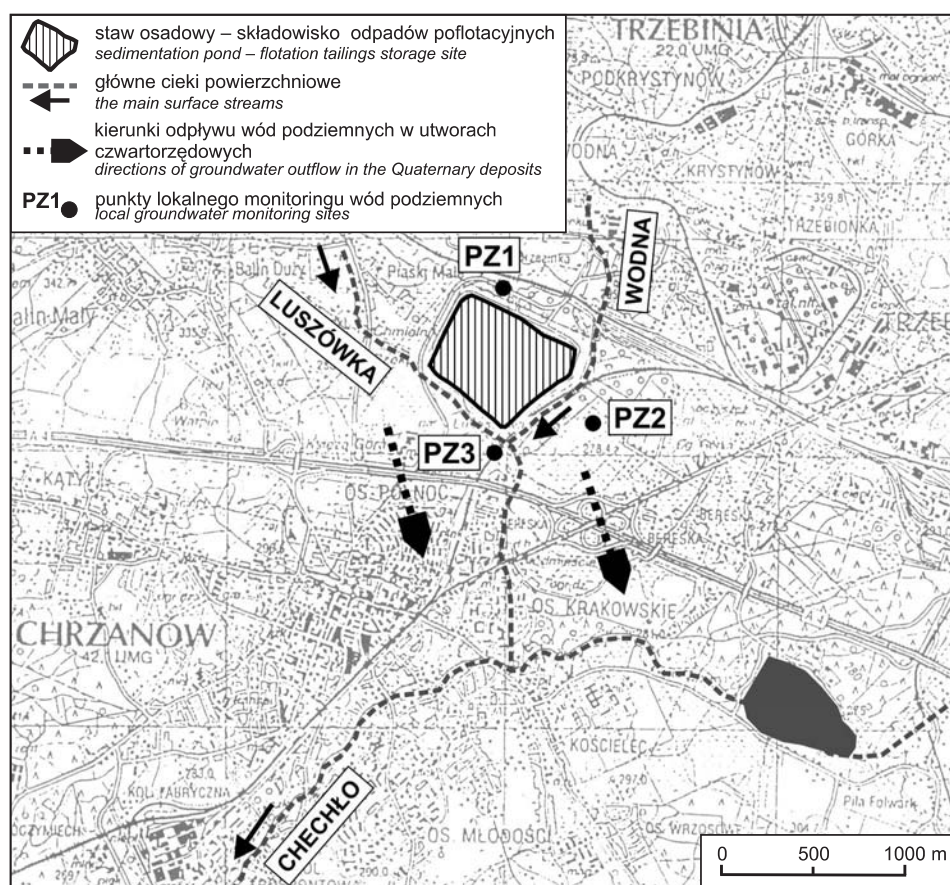


Fig. 1. Lokalizacja stawu osadowego ZG „Trzebieńka” S.A. w likwidacji
(źródło – materiały ZG „Trzebieńka” S.A. w likwidacji)

Location of the sedimentation pond at the currently closed down ZG “Trzebieńka” S.A.
(source-materials of ZG “Trzebieńka” S.A.)

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH W REJONIE SKŁADOWISKA ODPADÓW POFLOTACYJNYCH ZG „TRZEBIONKA”

Budowa geologiczna podłoża składowiska oraz lokalne warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne (fig. 1, 2), mają istotne znaczenie dla oceny stopnia zagrożenia i wyboru technicznego sposobu przeprowadzenia rekultywacji stawu osadowego.

Budowa geologiczna w rejonie stawu osadowego ZG „Trzebionka” jest dość skomplikowana. Staw zlokalizowany jest w osiowej części tzw. niecki chrzanowskiej, tj. szeroko-promiennej struktury synklinalnej (o przebiegu NW–SE) zbudowanej głównie z węglanowych utworów triasowych i jurajskich (Stupnicka, 1989). Struktury fałdowe poprzecinane są szeregiem uskoku. Litologia serii złożowej jest dobrze poznana, dzięki licznym otworom wiertniczym i wyrobiskom górniczym. Trias reprezentowany jest przez dwie formacje: węglanową, złożoną z wapieni i dolomitów o łącznej miąższości około 150 m i węglanowo-mułowcową, która w rejonie stawu osadowego osiąga miąższość 25–40 m. Utwory jurajskie reprezentowane są przez cienką (ok. 2 m) warstwę wapieni jury środkowej, oraz pakiet górnourajskich margli i wapieni marglistych i płytowych, o całkowitej

miąższości rzędu 80–100 m. W nadkładzie utworów mezozoicznych występują ilaste i ilasto-margliste utwory miocenne, o miąższości dochodzącej lokalnie do 40 m. Praktycznie cały omawiany obszar pokryty jest warstwą utworów czwartorzędowych o zmiennej miąższości – od niespełna metra do około 16 m. Utwory czwartorzędowe wykazują duże zróżnicowanie litologiczne zarówno w profilu pionowym, jak i poziomym. Generalnie, w dolnej części profilu występują utwory ilaste, gliny i gliny piaszczyste, a także zwietrzliny starszych skał podłoża. Ku górze zwiększa się ilość materiału piaszczystego, zwłaszcza w miejscach, gdzie utwory czwartorzędowe osiągają większą miąższość. W dolinach cieków występują piaski gliniaste z wkładkami mułków, a lokalnie (w części południowo-wschodniej) również torfy. W strefie przypowierzchniowej podłoże grunto-we jest lokalnie słabo przepuszczalne, z uwagi na znaczny udział gruntów spoistych. Głębsze, ilaste podłoże jest praktycznie nieprzepuszczalne (Smolarska, 1968).

Wody podziemne występują na omawianym obszarze w trzech horyzontach wodonośnych o zróżnicowanej zasob-

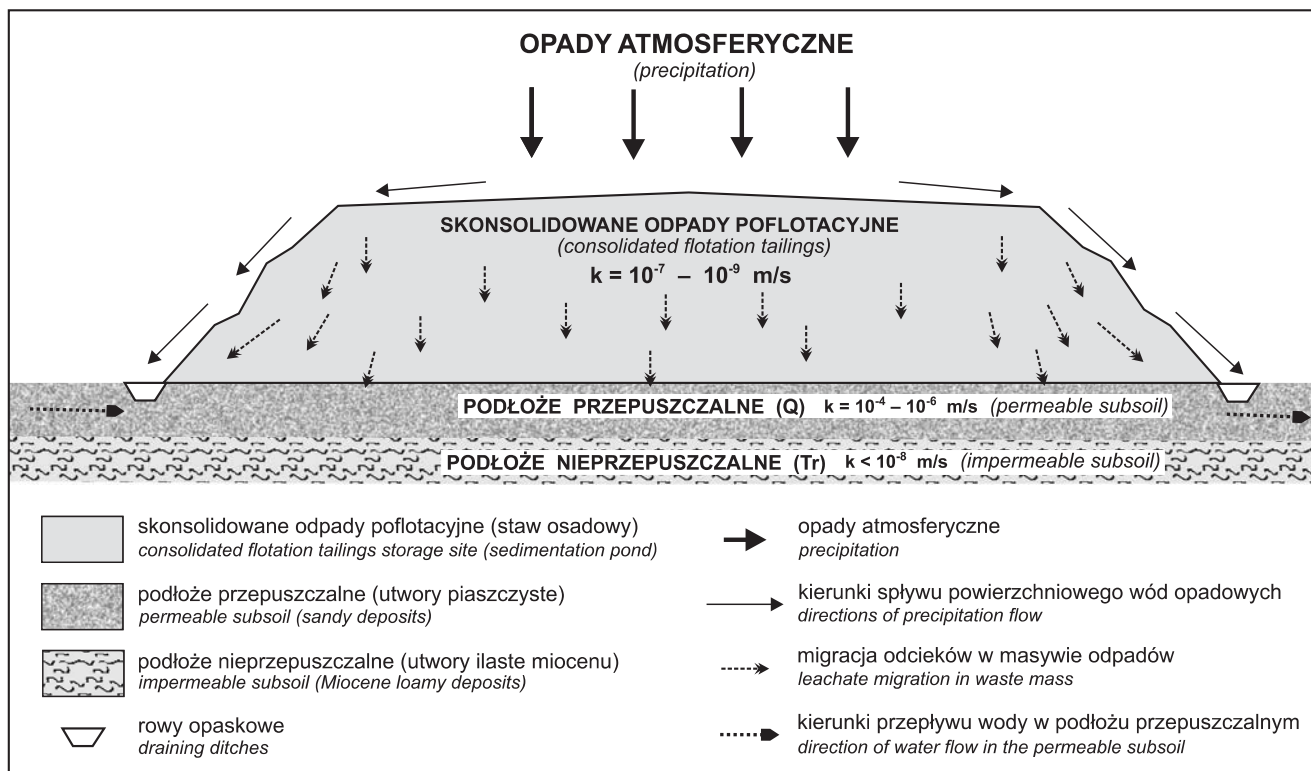


Fig. 2. Model koncepcyjny rozplywu wód opadowych i migracji zanieczyszczeń w podłoże stawu osadowego

Conceptual model of the rainwater flow and of contaminant migration into the sedimentation pond substratum

ności – triasowym, jurajskim oraz czwartorzędowym. Triasowe piętro wodonośne, z uwagi na dużą zasobność, odgrywa na tym terenie zasadniczą rolę jako potencjalne źródło zaopatrzenia w wodę. W tym piętrze wodonośnym wyznaczony został główny zbiornik wód podziemnych wymagający szczególnej ochrony – GZWP nr 452 Chrzanów. W obrębie tego piętra wyróżnia się dwa poziomy wodonośne, o charakterze szczelinowo-krasowym, pozostające w kontakcie hydraulicznym. Triasowe piętro wodonośne zostało w wyniku działalności kopalni w znacznym stopniu osuszone. W związku z zaniechaniem eksploatacji złoża w 2009 roku, rozpoczął się powolny proces jego odbudowy. Strefy zasilania piętra triasowego znajdują się na wychodniach triasu poza zasięgiem składowiska odpadów poflotacyjnych. Jurajskie piętro wodonośne wykazuje małą zasobność i zlokalizowane jest w wapieniach płytowych i skalistych górnej jury, izolowanych marglami tej formacji oraz występującymi w podłożu węglanowo-mułowcowymi utworami triasu o łącznej miąższości około 50 m. Czwartorzędowe piętro wodonośne związane jest z występowaniem serii osadów piaszczystych. Od głębszych poziomów wodonośnych izolowane jest grubym pakietem utworów paleogeńsko-neogeńskich, których miąższość dochodzi do 60 m. Wodonośność utworów czwartorzędowych jest ograniczona, z uwagi na dużą zmienność, a zwłaszcza występowanie w ich obrębie gruntów spoistych (iły, gliny, mułki). Zwierciadło wód gruntowych występuje w rejonie składowiska na głębokościach rzędu 0,5–2,0 m p.p.t. (przy wahaniach sezonowych rzędu 0,5–1,0 m). W południowej części obszaru górniczego, w otoczeniu stawu osadowego, obserwuje się w związku z tym liczne podmokłości. Wykonanie drenażu opaskowego stawu spowodowało nieznaczne obniżenie po-

ziomu wód czwartorzędowych w pobliżu rowów. Spływ wód podziemnych poziomów czwartorzędowych odbywa się generalnie w kierunku południowo-wschodnim, w stronę rzeki Chechło (fig. 1). Wody poziomu czwartorzędowego w studniach gospodarczych w rejonie Chrzanowa są na ogół niskiej jakości. Charakteryzują się dość wysoką mineralizacją (w większości ponad 500 mg/dm³). Odczyn wód czwartorzędowych waha się w szerokich granicach od 6,5 do 8,5. Opisywany stan dotyczy środowiska w znacznym stopniu zdegradowanego w wyniku działalności człowieka. Odtworzenie rzeczywistego tła hydrogeochemicznego wód czwartorzędowych sprzed okresu powstania i funkcjonowania składowiska jest znacznie utrudnione, z uwagi na brak danych.

Wody powierzchniowe w rejonie stawu osadowego ZG „Trzebionka” to głównie dwa ciekі okalające staw osadowy (fig. 1, 3) i łączące się poniżej stawu w jeden większy potok, uchodzący do rzeki Chechło. Wzdłuż południowo-zachodniego boku stawu osadowego płynie potok Luszówka (niektóre źródła podają zamiennie nazwę Balinówka), a wzdłuż boku południowo-wschodniego potok Wodna. Potok Wodna w początkowym biegu przepływa podziemnym kanałem przez teren ZG „Trzebionka”. Oba potoki mają istotne znaczenie na etapie zamykania i rekultywacji stawu osadowego, ponieważ to do nich odprowadzane są wody opadowe, a z drugiej strony są realnym źródłem poboru wody do zraszania składowiska w okresach suchych. W celu rozpoznania maksymalnej ochrony wód wspomnianych cieków prowadzony jest monitoring wielkości ich przepływu i chemizmu (fig. 3). Wyniki monitoringu stanowią podstawę do określenia maksymalnego, możliwego zrztu wód odciekowych oraz maksymalnie możliwego poboru wody w ilościach gwarantujących zachowanie życia biologicznego w wodach potoków.

GOSPODARKA WODAMI JAKO JEDEN Z PODSTAWOWYCH ASPEKTÓW ZAMYKANIA I REKULTYWACJI SKŁADOWISKA

W procesie zamykania i rekultywacji składowiska (stawu osadowego) należy rozważyć zastosowanie odpowiedniej jakości materiału wyrównującego czasę i skarpy składowiska oraz zaprojektować sprawny system drenażu i odprowadzenia wód opadowych (Gołda, 2005, Dz.U. z 2003 r., nr 61, poz. 549 z późn. zm.). Staw osadowy ZG „Trzebionka” jest obiektem o znacznych rozmiarach, wykonany w formie nadpoziomowego składowiska o wysokości względnej około 60 m i zajmującym powierzchnię około 64 ha. Bryła stawu zbudowana jest głównie z drobnoziarnistego piasku dolomitowego (zmielonego dolomitu), stanowiącego odpad z procesu flotacji rud Zn-Pb. Jest to składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, gdzie prowadzona była działalność w zakresie odzysku i unieszkodliwiania poprzez składowanie odpadów poflotacyjnych rud cynku i ołowiu, sklasyfikowanych pod kodem 01 03 81 [Rozporządzenie ...Dz.U. z 2001 r, nr 112, poz. 1206]. Część zewnętrzną stawu stanowią obwałowania formowane z naj-

grubszej frakcji metodą namulania. W związku z ogólnie słabą przepuszczalnością odpadów lokowanych na składowisku (według materiałów niepublikowanych, udostępnionych przez ZG „Trzebionka” S.A., współczynnik filtracji k w masywie odpadów jest rzędu 10^{-7} – 10^{-9} m/s), migracja wód opadowych będzie się odbywała głównie w postaci spływu powierzchniowego w zewnętrznej warstwie glebowej zredukowanego składowiska. Odwodnienie podłoża, oraz utworów nagromadzonych w trakcie składowania odpadów, powinno być prowadzone z uwzględnieniem istniejącego systemu, rozbudowanego o dodatkowe elementy, zwłaszcza w wierzchniej części bryły. Docelowe odwodnienie obiektu obejmuje szereg elementów, w tym rowy opaskowe okalające staw osadowy (fig. 3).

Zaprojektowany system ujmowania i odprowadzania wód opadowych nie jest jednak zdolny do całkowitego zatrzymania przesączania wód opadowych i odciekowych do warstw wodonośnych zbiornika czwartorzędowego. Istnieje

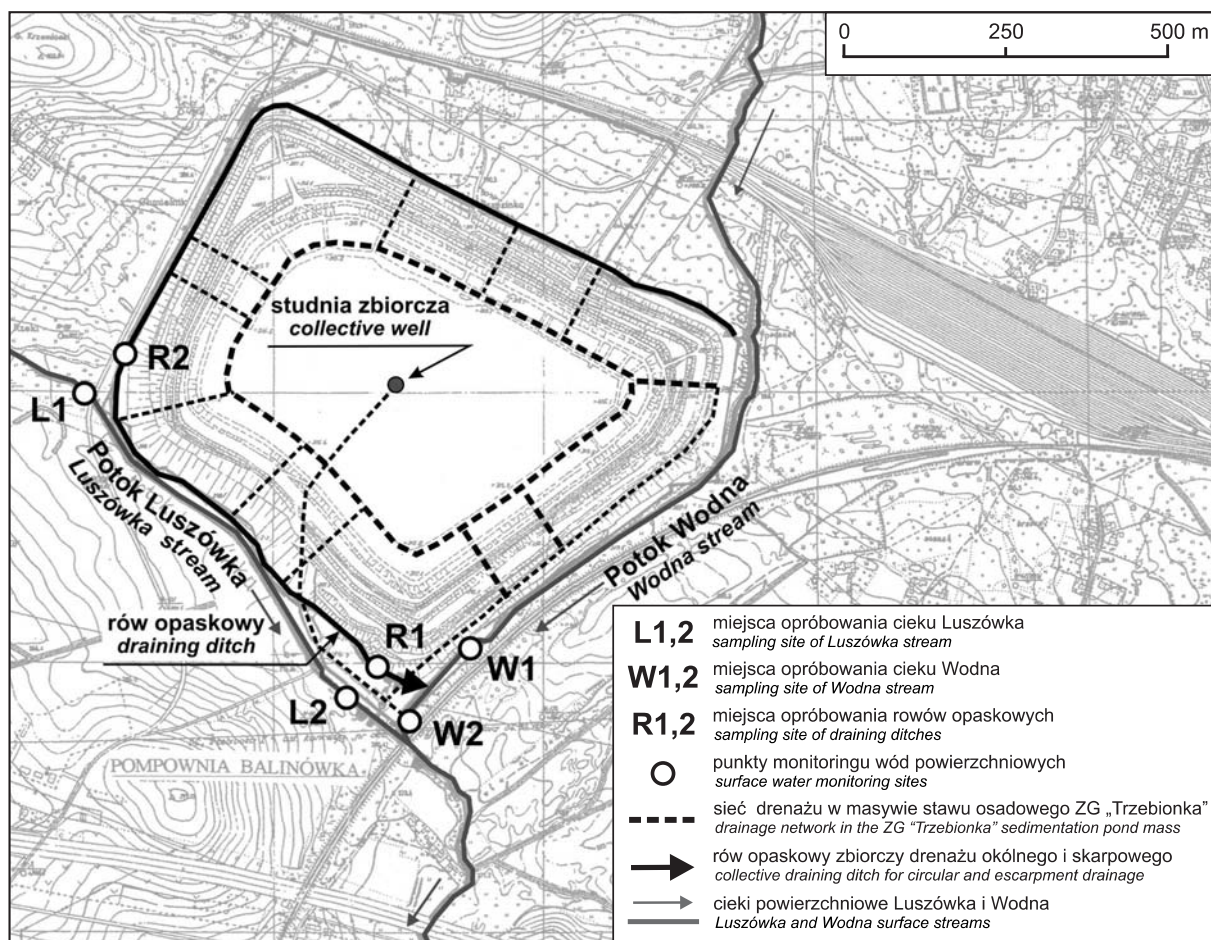


Fig. 3. Usytuowanie projektowanego i istniejącego systemu drenażu wokół rekultywowanego stawu osadowego ZG „Trzebieńka” S.A. w likwidacji, z zaznaczeniem lokalnych cieków powierzchniowych oraz punktów opróbowania cieków powierzchniowych (źródło materiały ZG „Trzebieńka” S.A. w likwidacji)

Location of the planned and existing drainage systems around the reclaimed sedimentation pond at the currently closed down ZG “Trzebieńka” S.A. including marked local surface watercourses and points of monitoring (source-materials of ZG “Trzebieńka” S.A.)

zatem możliwość ograniczonej migracji zanieczyszczeń w bezpośrednie podłoże obiektu (fig. 2). Można jednak przypuszczać, że przy odpowiednio sprawnym systemie drenażu, przesiąkanie wód odciekowych do wód podziemnych będzie zminimalizowane (Grabowski, 2000). W celu zabezpieczenia prawidłowego spływu i zbierania wód opadowych logicznym jest zaprojektowanie systemu drenażowego (z zachowaniem elementów systemu istniejącego) z odprowadzeniem wód opadowych i infiltrujących do rowów opaskowych, a dalej poza obrys składowiska z ujściem do potoku Wodna. Rowy opaskowe, zbierające wody opadowe oraz infiltrujące przez bryłę składowiska, wykazują w przekroju kształt odwróconego trapezu, o wymiarach uzależnionych od ukształtowania terenu oraz wymagań niwelacyjnych, zapewniających grawitacyjny spływ wody w kierunku dotychczasowej pompowni. Maksymalne ilości odprowadzanych wód opadowych z powierzchni zreultywowanego składowiska można określić z uwzględnieniem wielkości powierz-

chni, z której odprowadzane są wody opadowe (powierzchnia czaszy składowiska), natężenia deszczu nawalnego, współczynnika spływu powierzchniowego (jak dla terenów niezabudowanych – 0,25) oraz współczynnika opóźnienia (na poziomie 0,75). Z obliczeń wynika, że raz na dwa lata w czasie 15 minutowego nawalnego deszczu o przyjętym natężeniu $q = 96 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{ha}$ z powierzchni zreultywowanego składowiska odprowadzane będzie maksymalnie $4147 \text{ m}^3/\text{godz}$ (tj. $1,15 \text{ m}^3/\text{s}$) wód deszczowych. Jest to szacowany bilans wód opadowych, odprowadzanych poza teren składowiska. Taka ilość wód może być potencjalnie wprowadzana z powierzchni zreultywowanego składowiska do systemu drenażowego, a następnie do wód potoku Wodna. Ważnym elementem jest określenie przepustowości koryta rowu opaskowego u podnóża składowiska, odprowadzającego wody do cieków powierzchniowych. Przepustowość koryta rowu opaskowego można wyznaczyć z zastosowaniem wzoru Chezy-Manninga na średnią prędkość

przepływu. Oszacowana maksymalna przepustowość koryta rowu opaskowego u podnóża składowiska kształtuje się na poziomie 1,151 m³/s, co zapewni odprowadzanie wód opadowych nawet przy założeniu maksymalnej ich ilości, pod warunkiem, że koryto rowu opaskowego będzie dobrze utrzymane.

Kolejnym, istotnym zagadnieniem na etapie zamykania i rekultywacji składowiska odpadów poftlotacyjnych jest zapewnienie odpowiedniego nawodnienia czaszy obiektu, co zminimalizuje możliwość negatywnego pylenia w okresach

suchych. Nawodnienie powierzchni powinno być prowadzone z wykorzystaniem odprowadzanych wód odciekowych, a w przypadku ich niedoboru z wykorzystaniem wód cieków powierzchniowych. Wielkość poboru wód z cieków powierzchniowych nie może przekroczyć wielkości maksymalnej, gwarantującej zachowanie przepływu nienaruszalnego, przy którym zostanie utrzymane życie biologiczne w cieku. Najczęściej za przepływ nienaruszalny przyjmuje się 0,5 do 1,5 SNQ (średniego z najniższych rocznych przepływów wody w rzece w wieloleciu).

ZMIANY CHEMIZMU WÓD ODCIEKOWYCH I POWIERZCHNIOWYCH W REJONIE SKŁADOWISKA

Oddziaływanie składowiska odpadów poftlotacyjnych rud Zn-Pb na wody powierzchniowe, a w konsekwencji potencjalnie też na wody podziemne, to wprowadzanie składników zanieczyszczających, takich jak: siarczany, cynk oraz ołów. Pozostałe zanieczyszczenia mają zdecydowanie podrzędne znaczenie. Od lipca 2009 roku zaprzestano odwadniania wyrobisk kopalni, stąd obecne oddziaływanie ZG „Trzebieńka” S.A. (w likwidacji) to przede wszystkim zrzut wód z rowu opaskowego infiltrujących ze składowiska odpadów. Wpływ tych wód objawia się wzrostem stężeń zanieczyszczeń w wodach potoku Wodna wpadających do potoku Luszówka, zasilającego w dalszym biegu potok Chechło, szczególnie w zakresie siarczanów i cynku. Nie obserwuje się wzrostu stężeń ołowiu w wodach za zrzutem z rowów opaskowych, pomimo podwyższonych stężeń ołowiu w wodach odciekowych

(fig. 4). W samym potoku Luszówka przed połączeniem z Wodną (punkty L1, L2 – fig. 4), obserwuje się niewielkie podwyższenie zawartości niektórych jonów (głównie SO₄ oraz Zn). Istnieje zatem możliwość bezpośredniego wprowadzania zanieczyszczeń z rowów opaskowych do Luszówki. Stężenia siarczanów, pomierzone w rowach opaskowych, przekraczają okresowo 2000 mg/dm³. Prawdopodobnie rowy opaskowe stanowią także częściową ochronę dla lokalnego czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Najwyższe stężenia siarczanów oraz w mniejszym stopniu cynku i ołowiu, kształtują się w końcowym odcinku rowu opaskowego (punkt R1 – fig. 4). Stwierdza się tam często dość zmienne i wysokie stężenia SO₄ sięgające okresowo 2000–3000 mg/dm³ (tab. 1, fig. 4). Przekłada się to na wyraźny wzrost stężeń siarczanów w wodach potoku Wodna poniżej zrzutu z rowu

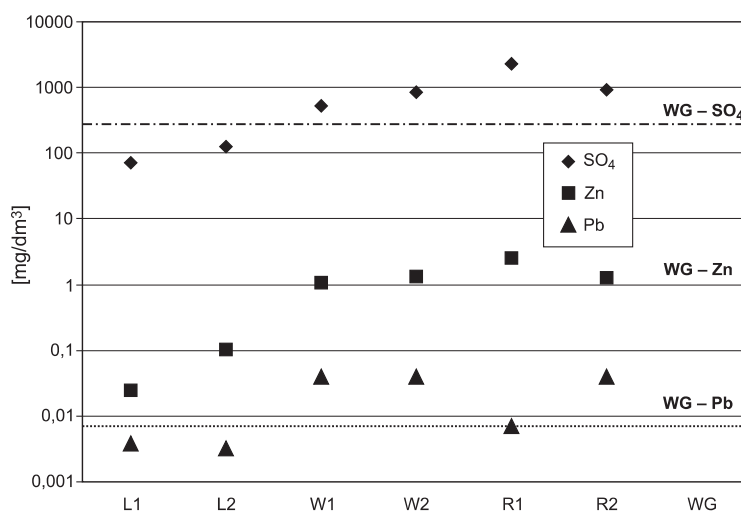


Fig. 4. Uśrednione stężenie wybranych składników w wodach powierzchniowych (rowy opaskowe oraz cieki Wodna i Luszówka powyżej i poniżej zrzutu rowu opaskowego) w zasięgu oddziaływania stawu osadowego w latach 2010–2011

WG – SO₄, Zn oraz Pb – wartości graniczne dla wód powierzchniowych zgodnie z Rozporządzeniem Min. Środ. Dz.U. z 2008 r, nr 162, poz. 1008

Average concentration of selected components in the surface waters (drainage ditches and the Wodna and the Luszówka streams above and below discharge from the drainage ditch) in the impact zone of the sedimentation pond from 2010–2011

WG – SO₄, Zn and Pb – border values for surface waters in accordance with the following Rozporządzenie Min. Środ. Dz.U. z 2008 r, nr 162, poz. 1008

Tabela 1

**Charakterystyka chemizmu wód w ciekach powierzchniowych i rowach opaskowych
w rejonie stawu osadowego ZG „Trzebionka” S.A. w likwidacji**

Characteristics of chemical composition in surface water courses and drainage ditches in the vicinity of the sedimentation pond at the currently closed down ZG „Trzebionka” S.A. from 2010–2011

Składnik wody	L1 – ciek Luszówka		L2 – ciek Luszówka		R1 – rów opaskowy		R2 – rów opaskowy		W1 – ciek Wodna		W2 – ciek Wodna	
	A	B	A	B	C	B	A	B	C	B	C	B
	[mg/dm ³]											
K	6,27	4,90	5,69	4,64	8,5	6,79	5,58	3,68	2,70	2,16	2,9	2,70
Na	26,93	13,47	23,65	17,06	57,3	52,04	39,60	33,80	22,50	19,02	24,6	24,2
Mg	13,12	9,29	9,69	45,22	458,7	567,9	405,9	272,5	98,70	100,76	105,6	158,4
Ca	122,2	111,9	93,60	133,18	359,3	417,4	375,0	249,6	132,8	155,1	143,4	187,2
Mn	0,048	0,051	0,021	0,122	n.o.	0,413	0,263	0,405	n.o.	0,215	n.o.	0,286
Zn	0,019	0,031	0,014	0,197	2,104	3,064	1,020	1,574	1,037	1,141	1,294	1,331
Cu	0,0017	0,0012	0,0012	0,0021	n.o.	0,0007	0,0005	0,0008	n.o.	0,0009	n.o.	0,0011
Pb	0,0026	0,0049	0,0023	0,0041	0,0126	0,0021	0,0803	0,0038	0,0048	0,0750	0,0096	0,0680
Hg	0,0001	0,0005	0,00011	0,0004	0,00047	0,00055	0,00009	0,0001	0,00037	0,00059	0,00043	0,00048
Cd	0,00017	0,00013	0,00014	0,00031	n.o.	0,00092	0,00076	0,0003	n.o.	0,00140	n.o.	0,00120
Cr	0,015	0,0008	0,015	0,002	n.o.	0,007	0,016	0,002	n.o.	0,002	n.o.	0,003
SO ₄	67,5	78,6	48,5	198,7	2700,0	1975,0	1092,0	765,0	460,0	576,0	720,0	987,0

A – analizy z listopada 2010 r.; B – analizy ze stycznia 2011 r.; C – analizy z marca 2010 r.; n.o. – nie oznaczano; L1, L2, R1, R2, W1, W2 – symbole próbek zgodne z lokalizacją miejsc opróbowania na [fig. 3](#)

A – November 2010 y. analyses; B – January 2010 y. analyses; C – March 2010 y. analyses; n.o. – not determined; L1, L2, R1, R2, W1, W2 – see [Fig. 3](#)

(punkt W2) w porównaniu do pomiarów wykonywanych powyżej zrzutu (punkt W1), co zestawiono w [tabeli 1](#).

Na etapie zamykania i rekultywacji składowiska zachodzi konieczność dotrzymywania odpowiednich warunków jakościowych zrzutu wód odciekowych oraz wód opadowych połą-

czonym systemem drenażowym. Istotne jest prowadzenie prawidłowego monitoringu jakości środowiska gruntowo-wodnego zarówno na etapie zamykania, jak też po zakończonym jego procesie w otoczeniu składowiska (Klojzy-Karczmarczyk i in., 2006).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Staw osadowy ZG „Trzebionka” S.A. (obecnie w likwidacji), założony został bezpośrednio na powierzchni terenu, bez wstępnego zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego, przez co istnieje możliwość przenikania do wód podziemnych zanieczyszczeń, pochodzących z masy nagromadzonych odpadów. Podstawową i jedyną ochronę dla poziomów wodonośnych stanowią naturalne ilaste utwory izolujące, występujące w sposób ciągły w podłożu składowiska. Dodatkową formą zabezpieczenia wód powierzchniowych oraz w konsekwencji podziemnych, jest dobrze wykonany system rowów opaskowych ujmujących spływ wód opadowych i odciekowych. Po zakończeniu działalności zakładu wydobywczego pojawił się problem wykorzystania nadmiaru wód odprowadzanych z bryły składowiska. W celu możliwie najlepszego zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego na etapie zamykania, istotnym elementem jest zatem dostosowanie odpowiedniego systemu odprowadzenia nadmiaru wód z terenu rekultywowanego obiektu oraz budowa systemu poboru wody, do zrasza-

nia czaszy w okresach suchych. Prawidłowo funkcjonujący schemat musi zapewniać odpowiednią wydajność systemu drenażowego oraz dotrzymywać bezpieczne warunki poboru wód powierzchniowych dla celów zraszania składowiska na etapie rekultywacji biologicznej.

Wykonane analizy kontrolne jakości wody, w ciekach powierzchniowych i rowach opaskowych zbierających wody opadowe i odciekowe, po zaprzestaniu eksploatacji składowiska, wykazały charakterystyczne ponadnormatywne stężenia siarczanów oraz w mniejszym stopniu, cynku i ołowiu, przede wszystkim w wodach rowów opaskowych oraz cieków powierzchniowych, przy czym zauważa się wzrost stężenia siarczanów oraz cynku poniżej zrzutu wód z rowów opaskowych. W wodach cieków powierzchniowych w rejonie składowiska, pobieranych powyżej zrzutu wody z rowów opaskowych, nie stwierdzono istotnego przekroczenia wartości granicznych stężeń SO₄, Pb oraz Zn (Rozporządzenie ... Dz.U. z 2008 r. nr 162, poz. 1008). Należy zaznaczyć, że obecność cynku oraz

ołowiu w wodach potoku Wodna oraz Luszówka wynika również z faktu, że cieki te biorą swój początek w obszarach, gdzie na powierzchni terenu występują wychodnie skał triasowych. Jak wynika z wykonanych badań oraz z danych archiwalnych, stężenia siarczanów w wodach rowów opaskowych ulegają powolnemu obniżeniu i stabilizacji po zaprzestaniu

eksploatacji stawu osadowego. Istotnym elementem w rozwiązaniu całości problematyki zabezpieczenia środowiska jest prowadzenie kontroli i utrzymywanie ciągłego monitorowania jakości wód odciekowych oraz stanu środowiska gruntowo-wodnego w rejonie oddziaływania składowiska (Rozporządzenie... Dz.U. z roku 2002, nr 220, poz. 1858).

LITERATURA

- GOŁDA T., 2005 — Rekultywacja. Skrypty Uczelniane AGH, 1678. Wyd. Nauk. Techn. Kraków.
- GRABOWSKI Z., 2000 — Strefa potencjalnego oddziaływania wokół składowisk odpadów komunalnych, Materiały konferencyjne, Szkoła Gospodarki Odpadami, Rytro.
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., CZAJKA K., 2003 — Jakość odcieków a wybór charakterystycznych wskaźników zanieczyszczenia wód wokół składowisk odpadów komunalnych. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*, t. 11, 2: 423–426. Gdańsk.
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., KUREK T., MAZUREK J., WŁODARCZYK B., 2006 — Monitoring oddziaływania na środowisko składowiska odpadów górnictwa rud cynku i ołowiu. *Górnictwo w Małopolsce*: 149–158. Wyd. IGSMiE PAN.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk. Dz. U. z roku 2003, nr 61, poz. 549 z późn. zm.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA w sprawie zakresu, czasu, sposobów oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów. Dz. U. z roku 2002, nr 220, poz. 1858.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 roku w sprawie klasyfikacji stanu jednolitych części wód podziemnych. Dz.U. z 2008 r., nr 162, poz. 1008.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów. D.U. z 2009 r., nr 39, poz. 320.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 roku w sprawie katalogu odpadów. Dz.U. z 2001 r., nr 112, poz. 1206.
- SMOLARSKA I., 1968 — Charakterystyka złoża rud cynku i ołowiu kopalni Trzebieńka. *Pr. Geol. Kom. Nauk Geol. PAN, Oddz. w Krakowie*, 47: 7–51.
- STUPNICKA E., 1989 — Geologia regionalna Polski. Wyd. Geol., Warszawa.

SUMMARY

Mining waste storage sites (including flotation tailings and zinc-lead ore processing) are most often facilities raising above the ground, of considerable size, located directly on the surface, with no prior measures to protect the soil and water environment. Therefore, in the process of closure and reclaim of such storage sites, there are limited possibilities for protecting the local surface watercourses and groundwater from the effects of contaminated leachate from the stored waste. The example of such a storage site is the “Trzebieńka” mine sedimentation pond (currently closed down) (Fig. 1), where the process of closing down and reclaim began in 2010. It is a storage site of waste other than hazardous and neutral where flotation tailings from zinc and lead ores classified as 01 03 81 (Rozporządzenie...Dz.U. z 2001 r., nr 112, poz. 1206) are recycled and neutralised. Due to generally poor permeability of waste deposited at the site, the migration of rainwater will mostly take place in the form of surface flow in the exterior soil horizon of the reclaimed site. There is however a possibility of limited contaminant migration from the deposited waste into the immediate substratum of the storage site.

At the stage of closure and reclaim of biological surface in flotation tailings storage sites the problem of leachate and rainwater drainage should be solved in a manner that minimizes the quantity of sewage and total pollutants discharged into local surface water courses. The possibility should also be provided of collecting surface water or groundwater for the purpose of biological reclamation (watering the storage site cap). If water is tapped from surface water courses, it is necessary to define a minimum flow in the tapped surface watercourses. The paper discusses practical solutions related to the discharge of excess rainwater and water intake for the reclaim of the flotation tailings storage site at ZG “Trzebieńka” in relation to specific environmental conditions (geological, hydrological and hydrogeological) in the impact area of the storage site. It also discusses the characteristics of changes in water chemical composition in drainage ditches and surface water courses in the area of the site as one of the important factors affecting the condition of the environment and the proposed water management in the vicinity of the reclaimed storage site.