ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1999
Seria: GÓRNICTWO z. 243 Nr kol. 1436

TADEUSZ CHRZAN
Instytut Inżynierii Środowiska, Politechnika Zielonogórska

WPŁYW WYDOBYCIA WĘGLA BRUNATNEGO NA ŚRODOWISKO NATURALNE W ŁUKU MUŻAKOWSKIM

Streszczenie. W referacie opisano stan obecny środowiska naturalnego po eksploatacji węgla brunatnego sposobem odkrywkowym i podziemnym. Podano rozmiary i ilość jezior na terenach pogórniczych. Przedstawiono charakterystykę geologiczną i hydrogeologiczną terenu złóż węgla brunatnego.

INFLUENCE THE EXPLOITATION OF BROWN COAL FOR NATURAL ENVIRONMENT IN THE REGION OF MUZAKOW ARCH

Summary. In the paper the influence of surface and underground mining on the natural environment is presented The sizes after mining areas and lakes has been shown. In the first part of the paper the characteristics of geological and hydrogeological the region of exploitation of brown coal has been shown.

1. Wstęp

W rejonie Łuku Mużakowa od 100 lat prowadzona była eksploatacja podziemna i odkrywkowa węgla brunatnego. W wyniku tej eksploatacji nastąpiła zmiana krajobrazu, zamiast borów sosnowych pojawiły się kwaśne jeziora oraz nagie, nie pokryte żadną roślinnością zwałowiska. W rezultacie działalności górniczej powstało pojezierze antropogeniczne o około 100 zbiornikach wodnych oraz około 1000 ha nie zrekultywowanych gruntów.

2. Charakterystyka geologiczna Łuku Mużakowa

2.1. Położenie geograficzne

Omawiane tereny położone są w pobliżu granicy polsko-niemieckiej w środkowym biegu Odry. Łuk Mużakowa stanowi wzniesienie morfologiczne w formie podkowy otwartej ku północy. Utworzony on został przez przesuwający się doliną pra-Nysy Łużyckiej lądolód południowo-polski. Wzgórza tego łuku są moreną czołową spiętrzoną i wyniesioną do wysokości 153 m n.p.m. Nasuwający się lądolód spowodował sfałdowanie osadów trzeciorzędowych. W wyniku sfałdowania trzeciorzędu znajdujące się na znacznych

głębokościach pokłady węgla brunatnego, glin i piasków zostały wydźwignięte ku powierzchni, co sprzyjało ich późniejszemu wydobyciu. Łuk Mużakowa jest obecnie przecięty w połowie swej długości doliną Nysy Łużyckiej, druga część łuku znajduje się w Niemczech.

Pokłady węgla brunatnego w polskiej części Łuku Mużakowa tworzą w rejonie Łęknicy złoże Babina. Pokłady mają formę sfałdowaną, a eksploatowano górne części fałdu złoża na przestrzeni kilkunastu kilometrów. Sfałdowanie dochodzi do głębokości 140 m.

2.2. Budowa geologiczna [1]

Najstarszymi nawierconymi osadami są iły, mułowce i wapienie górnej kredy. Na nich zalegają osady trzeciorzędowe o grubości ok. 115 m. W osadach tych występują 4 pokłady węgla brunatnego:

1. na głębokości 50 m – pokład Henryk – Łużycki – o grubości około 7,0 m,
2. na głębokości 65 m – pokład Łużycki II – o grubości ok. 13,5 m,
3. na głębokości 95 m – pokład Ścinawski – Łużycki III – o grubości ok. 6,0 m,
4. na głębokości 110 m – pokład Głogowski – Łużycki IV – o grubości ok. 4,0 m.

Pokłady te, a w szczególności położone na małych głębokościach i z tego powodu eksploatowane, otoczone są osadami piaszczysto-mułkowymi z dużą ilością łyszczyków.

Do głębokości 20 m od powierzchni terenu występują też na przemian ławice piasków i żwirów z przewarstwieniami glin.

Od głębokości 20 do 50 m występuje gruba warstwa iłów i mułków eksploatowanych do produkcji materiałów ogniotrwałych.

Z budowy geologicznej wynika, że zarówno gleba powierzchniowa, jak i powstała po wydobyciu węgla brunatnego (iły i mułki) nie jest podatna na prace rekultywacyjne (trawy, sadzonki drzew).

2.3. Warunki hydrogeologiczne

Wody podziemne występują lokalnie w utworach czwartorzędowych piaszczysto-żwirowych nad utworami ilasto-gliniastymi. Głębokość tych wód dochodzi do 15 m.

Wody podziemne trzeciorzędowe stanowią kilka horyzontów wodonośnych o miąższości do 20 m. Rozdzielone są hydraulicznie warstwami iłów, mułków i węgli brunatnych. Woda znajduje się w warstwach piasku od gruboziarnistego do pylastego. Są to wody pod ciśnieniem ok. 550 kPa (55 m sł. wody) rozprzestrzeniające się na znaczne odległości.

2.4. Eksploatacja węgla brunatnego

Początki wydobycia w rejonie Łuku Mużakowskiego datują się otwarciem kopalni w Raszynie w 1863 r. Małe kopalnie łączyły się w zespoły górniczo-energetyczne, jak ZG Tschoepelner o mocy 12 MW i wydobyciu 330 tys. Mg węgla. Większą kopalnią odkrywkową była kopalnia Tuplice pracująca dla hut szkła o wydobyciu rocznym 42 tys. Mg węgla. W 1898 r. otwarto podziemną kopalnię Wiktor w Trzebielu pracującą dla huty szkła, o wydobyciu rocznym 110 tys. Mg węgla.

W 1945 r. uruchomiono kopalnię Babina k.Łęknicy i kopalnię Henryk, a następnie kopalnie Smogóry, Słone, Maria i Sieniawa. W 1971 r. wydobycie węgla wynosiło 700 tys. Mg. Następnie do 1976 r. stopniowo likwidowano kopalnie węgla brunatnego

pozostawiając cały region z dużą ilością terenów przekształconych bez ich rekultywacji. Wielkość powierzchni przekształconych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Powierzchnie przekształcone działalnością górniczą [4]

Kopalnia	Miejscowość	Powierzchnia w ha
Tuplice, Wiktor	Tuplice, Trzebiel	460
Smogóry	Smogóry	40
Sieniawa	Sieniawa	83
Maria, Emma, Matylda	Lasocin, Nieciecz, Królikowice	60
ZG Tschoepelner	Nowe Czaple, Łęknica, Bronowice	432
	Razem	1190

Po zakończeniu eksploatacji podziemnej następowało zawalenie się komór i chodników. Warstwami nadległymi są słabe (piaski) i dlatego na powierzchni terenu utworzyły się długie i wąskie niecki zapadliskowe, które z kolei zapełniały się wodą opadową lub gruntową. Wyrobiska odkrywkowe też wypełniały się wodą opadową i gruntową. W ten sposób między Tuplicami a Łęknicą na długości ok. 25 km powstało pojezierze antropogeniczne w ilości ok. 100 jezior o wieku od 20 do 100 lat.

Wyróżniono [3] trzy grupy zbiorników:

- rejon Tuplic – 30 zbiorników zapadliskowych i 11 stawów,
- rejon Trzebiela i Kamienicy – 33 zbiorniki zapadliskowe,
- rejon Chwaliszowic i Łęknicy – 40 zbiorników typu zapadliskowo-wyrobiskowego i wyrobiskowego.

Zbiorniki z rejonu Tuplic są najstarsze, przeważają zbiorniki o kształcie podłużnym o osi NE-SW, położone wśród lasów, brzegi łagodne.

Drugą i trzecią grupę zbiorników charakteryzują strome i wysokie brzegi.

Najczęściej zbiorniki wodne mają wydłużony kształt, długość od 95 do 896 m, a szerokość od 20 do 468 m i asymetryczny podłużny profil. Jeden stok typowego zbiornika jest zwykle stromy, a drugi łagodnie nachylony po stronie przeciwnej. Zbiorniki mają dużą głębokość od 3 do 24 m przy małej powierzchni lustra wody od 2500 do 202 000 m^2.

Skarpy brzegowe utworzone ze zboczy hałd lub gruntów nadkładowych są mniej strome, zerodowane i nagie, a przez to mniej stabilne. Roślinność pojawia się dopiero w pewnej odległości od brzegu.

W zbiornikach powstałych po wyeksploatowaniu węgla brunatnego wody są słabo przeźroczyste, wykazują rdzawobrunatne zabarwienie i niskie wartości pH od 2,2 do 3,4. Specyfiką tych jezior jest występowanie siarczanu żelazawego $FeSO_4$. Związek ten pobierając z wody tlen tworzy wolny kwas siarkowy. Zasadowość wód jest za mała, aby zobojętnić powstający kwas siarkowy i wody te są silnie kwaśne.

3. Stan obecny terenu pogórniczego

Eksploatacja węgla brunatnego w rejonie Łuku Mużakowa spowodowała zmiany w dotychczasowym krajobrazie. Na znacznych przestrzeniach zniszczeniu uległy:

- bory sosnowe wraz z warstwą gleby,
- pierwotna wyrównana rzeźba terenu, a powstały zwałowiska nadkładu oraz zbiorniki wodne,

- zmianie uległy spływy powierzchniowe oraz nastąpiło połączenie poziomów wodonośnych.

W miejscu krajobrazu borów sosnowych powstał krajobraz pojezierza, na który składają się dwa różne elementy: zagłębienia wypełnione wodą i obok piętrzące się nagie, nie pokryte żadną roślinnością zwałowiska.

Niektóre jeziora okresowo wysychają, inne zasilają swymi wodami przepływające potoki. Zwałowiska nadkładu tworzą w przeważającej ilości pyły i piaski pylaste. Pod względem mineralogicznym nadkład składa się z kwarcu, skaleni, pyłu węgla brunatnego, łusek muskowitu oraz niewielkich domieszek illitu i kaolinitu. Występują też siarczki żelaza (piryt) do 1%. Zwałowiska mają wysokość do 25 m ponad pierwotną powierzchnię terenu. Są to zespoły stożków o nachyleniu do 45%. Górne ich części zostały wyrównane i zrekultywowane. Zwałowiska tego typu były sypane blisko wyrobisk odkrywkowych węgla brunatnego, dochodzących do głębokości 40 m. Po zakończeniu wydobycia węgla wyrobiska te wypełniły się wodą i otoczone zostały wysokimi zwałowiskami z gruntów drobnoziarnistych i pylastych. Grunty te nie pokryte roślinnością, a usypane pod dużymi kątami nachylenia, okazały się bardzo podatne na działanie wody i wiatru. W wyniku erozji wodnej i działalności eolicznej powstały tam krajobrazy pustynne.

Procesy erozji wodnej, jak spłukiwanie, zmywanie i tworzenie szczelin w podłożu, najintensywniej rozwijają się na powierzchniach nachylonych. Takimi powierzchniami są zbocza zwałowisk oraz skarpy wyrobisk górniczych. Spływająca z góry po zboczach nasypanego gruntu woda powoduje powstawanie wyżłobień o przekroju poprzecznym w kształcie litery V. Wyżłobiny te u podstawy stożków dochodzą do głębokości ok. 1 m, a okresowo płynące przez nie potoki tworzą u podnóża stożków nadkładu mniejsze stożki proluwialne. Spływająca z zawiesiną pyłową woda osadza ją na równinach, a sama wpływa do jeziora lub infiltruje do wód podziemnych.

Procesy zmywania występują łącznie z procesami spłukiwania powierzchniowego. Zmywaniu ulegają strome skarpy wyrobisk i powierzchnie boczne zwałowisk. Osady zmywowe niszczą znajdujące się obok zwałowiska równiny, na których posadzone są małe sosny, pokrywając je błotem i rozmywając teren. W wyniku zmywania stromych skarp wyrobisk widoczna jest struktura i budowa warstw piaszczysto-iłowych nadkładu. W wyniku nasycenia nadkładu dużą ilością wody na nachylonym stoku występuje też zjawisko spływania w dół gęstego błota, które w postaci języków błotnych osadzają się u podstawy skarpy.

Wycięcie lasu oraz usypanie wysokich zwałowisk spowodowało odsłonięcie powierzchni zwałowiska na niszczące działanie wiatru [4]. Wiatr wywiewa drobny pył i piasek do dolin, na których tworzy piaszczyste wydmy o wysokości ok. 60 cm.

Utwory mioceńskie wydobyte przy eksploatacji złóż węgla brunatnego mają przeważnie skład ziarnowy piasku gliniastego lekkiego. Z pobranych ze zwałowiska 20 próbek piasku otrzymano skład ziarnowy: piasek ϕ(1-0,1) mm - 64%, pył ϕ(0,1-0,02) mm - 23%, ił poniżej 0,02 mm - 13%.

Piaski te posiadają bardzo niskie pH, nawet do 2, wywołane utlenianiem się zawartego w piasku pirytu FeS_2. W takim środowisku nie może się rozwijać bujna roślinność i dlatego powstaje krajobraz pustynny.

4. Stan obecny powstałych słonych jezior

Powstałe po eksploatacji górniczej węgla brunatnego wody jezior wykazują bardzo małą wartość pH, od 2,8 do 3,5 (kwaśne), a potencjał redoks Eh wyższy od 600 mV. W wodzie

tej stężenie siarczanów wynosiło od 321 do 1488 mg SO_4/dm^3, a żelaza do 33.3 mg Fe/dm^3 (tabela 2).

Tabela 2

Wyniki badania wody w wyrobiskach po węglu brunatnym Łuku Mużakowa [4].

Miejsce pobrania próbek wody do analizy	pH	SO_4 mg/dm^3	Cl mg/dm^3	Fe mg/dm^3	Ca mg/dm^3	Mg mg/dm^3	Kwasowość mineralna $mval/dm^3$	Fe^{+2} mg/dm^3
Jezioro o pow. 15,07 ha	2,5	1488	28	33,3	153	138	5,5	3,0
Jezioro o pow. 3,52 ha	2,2	632	17	29,7	74	77	2,7	2,8
Jezioro o pow. 6,86 ha	3,4	321	49	7,2	63	41	0,6	1,2
Jezioro o pow. 2,80 ha	3,0	557	40	24,2	95	69	1,4	2,8
Jezioro o pow. 3,34 ha	2,9	693	19	27,3	93	79	2,6	3,0

Na skład chemiczny wody mają wpływ złożone procesy rozkładu pirytu, które doprowadziły do wytworzenia kwasu siarkowego i siarczanu żelaza. Piryt FeS_2 na dnie zbiornika może ulegać:

a) utlenianiu według schematu:

- utlenianie chemiczne: $2\ FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2Fe^{+2} + 4SO_4^{-2} + 4H^+$,
- utlenianie biologiczne przez bakterie: $2\ FeS_2 + 7.5O_2 + H_2O = 2Fe^{+3} + 4SO_4^{-2} + 2H^+$,

b) wytrącanie związków żelaza trójwartościowego:

$Fe^{+3} + 3\ H_2O = Fe(OH)_3 + 3H^+$.

Proces utleniania pirytu można zapisać ogólnie:

$2\ FeS_2 + 7O_2 + H_2O = 2\ FeSO_4 + 2H_2SO_4$.

Zobojętnianie wód kwaśnych jest długotrwałe, gdy zachodzi drogą naturalnych procesów oksydacyjno-redukcyjnych w postaci wymiany składników chemicznych między wodą, osadami dennymi i atmosferą. Przyspieszenie zobojętniania wód o odczynie kwaśnym można przeprowadzić drogą chemiczną, poprzez mieszanie ich z roztworami silnie zasadowymi.

Wnioski

1. Tereny pogórnicze Łuku Mużakowskiego są typowym przykładem naruszenia dotychczasowej równowagi środowiska naturalnego.
2. Teren ten pozostawiony samemu sobie (bez rekultywacji) będzie jeszcze bardzo długo charakteryzował się nagimi zwałowiskami i kwaśnymi wodami jezior.

Literatura

1. Chrzan T.: *Badanie środowiska naturalnego na terenach pogórniczych Środkowego Nadodrza.* Praca statutowa, Politechnika Zielonogórska 1998.
2. Jędrczak A., Solski A.: *Skład chemiczny wód zbiorników pojezierza antropogenicznego w rejonie Tuplice-Łęknica.* Zeszyty Naukowe nr 84, WSI, Zielona Góra 1988.

3. Jędrczak A., Solski A.: *Teoretyczne podstawy możliwości odnowy wód kwaśnych.* Zeszyty Naukowe nr 114, Politechnika Zielonogórska, 1997.
4. Wróbel A.: *Zmieniające się krajobrazy.* Zeszyty Naukowe nr 114, Politechnika Zielonogórska, 1997.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wiesław Gabzdyl