

*Leopold Czarnecki\*, Waldemar Jończyk\*, Barbara Organiściak\**

## ZAGROŻENIA OSUWISKOWE W ZAKŁADZIE GÓRNICZYM KWB „BEŁCHATÓW”. PROGNOZOWANIE, MONITORING ORAZ OGRANICZANIE ZAGROŻEŃ NA PRZYKŁADZIE REJONU XIII/N NA ZBOCZU TRANSPORTOWYM

---

### 1. Wstęp

Roboty górnicze na złożu węgla brunatnego „Bełchatów” są prowadzone od 1977 r. Zagrożenie rozwojem wielkoskalowych osuwisk występowało w trakcie tego okresu wielokrotnie, przy czym dotyczyło ono głównie zboczy stałych wyrobiska górniczego: południowego i wschodniego.

Zbocze stałe północne jest zboczem o szczególnym znaczeniu dla prawidłowego funkcjonowania kopalni. Zlokalizowane są tu drogi transportowe dla sprzętu i ludzi, trasy przesyłowe dla eksploatowanego węgla brunatnego oraz dla przemieszczania mas nadkładu na zwałowisko wewnętrzne, a także obiekty podstawowego systemu odwodnienia, takie jak pompownie oraz studnie głębinowe.

W dotychczasowej historii kopalni zbocze to było profilowane w stosunkowo dobrych warunkach geologiczno-inżynierskich. Główne zagrożenie było związane z występowaniem miąższach osadów zastoiskowych i z procesami powierzchniowej dezintegracji skarp wyprofilowanych w tych osadach. Nie występowały jednak zagrożenia rozwoju osuwiska obejmującego więcej niż jedną skarpe. Zbocze było profilowane w obrębie głębokiej doliny erozyjno-tektonicznej rozcinającej strukturę Rowu Kleszczowa w części północnej do podłoża mezozoicznego. Od rejonu linii przekroju geologicznego 69SN rozciągłość struktury Rowu Kleszczowa, w obrębie której zlokalizowane jest złożo, ulega skręceniu z dotychczasowego kierunku WNW – ESE na kierunek WSW – ENE. Powoduje to pojawienie się w obrębie korpusu zbocza nowego elementu jakim jest północny uskok brzeżny rowu, tzw. UNB nr 3. Rejon ten to także strefa zwiększenia głębokości eksploatacji związana z obniżaniem się spagu złoża w rejonie podrzędnej jednostki strukturalnej, tzw. rowu II rzędu.

---

\* BOT KWB Bełchatów SA

Powyższe elementy powodują wzrost zagrożenia osuwiskowego w rejonie zbocza północnego, czego przejawem są procesy obserwowane od marca ubiegłego roku. Obejmują one swym zasięgiem zbocze północne stałe w zakresie rzędnych od +45 m n.p.m. do –20 m n.p.m. między liniami przekrojowymi 64SN i 61SN.

Do najważniejszych rejonów zagrożeń geologiczno-inżynierskich wydzielanych na zboczu północnym wyrobiska górniczego KWB „Bełchatów” należą rejon w strefie zejścia do struktury rowu II rzędu oznaczone numerami XII/N, XIII/N, XIV/N i XVI/N. Obejmują one obszar zbocza od linii przekroju geologicznego 65SN do linii przekrojowej 58SN w zakresie rzędnych od +65 m n.p.m. do –22 m n.p.m. Jest to obszar o długości około 1750 m i szerokości około 500 m.

## **2. Prognozowanie zagrożeń geologiczno-inżynierskich**

Prognozowanie zagrożeń geologiczno-inżynierskich realizuje się w kilku etapach w procesie projektowania robót górniczych.

W zależności od czasu objętego prognozą można wydzielić jej dwa zasadnicze typy:

- 1) prognoza długoterminowa,
- 2) prognoza krótkoterminowa.

Prognoza długoterminowa obejmująca okres obowiązywania Planu Ruchu, tj. trzy lata, jest realizowana w ramach następujących dokumentacji:

- stateczność zboczy stałych O/Bełchatów i O/Szczerców,
- prognoza warunków geologiczno-inżynierskich na frontach eksploatacyjnych O/Bełchatów i O/Szczerców,
- projekt technologiczny.

W ramach tych opracowań wydziela się rejon zagrożenia w oparciu o przesłanki geologiczne weryfikowane przez badania właściwości fizykomechanicznych gruntów oraz szacunkowe obliczenia wskaźnika stateczności. Ponadto w ramach innych dokumentacji projektowych analizowane są i sprawdzane w szczegółowy sposób poszczególne wydzielone rejon zagrożenia.

Prognoza krótkoterminowa jest realizowana w ramach planów pracy koparek opracowywanych przez Dział Technologii Górniczej i Dział Geologiczny. W opiniach geologicznych do planów pracy zawarte są ustalenia dla zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa pracy maszyn podstawowych, wynikające z analizy elementów budowy geologicznej, warunków wodnych, urabialności górotworu oraz zagrożeń krasowych, osuwiskowych i odprężeniowych.

Istotnym elementem uwzględnianym w toku analizy są wyniki pomiarów deformacji powierzchniowych i wgłębnych.

### **3. Budowa systemów monitoringu deformacji powierzchniowych i wglębnych**

Ważnym sposobem prognozowania, zapobiegania zagrożeniom osuwiskowym i ograniczania ich skutków jest monitoring deformacji skarp oraz istniejących osuwisk. Obserwacje makroskopowe, geodezyjne powierzchniowe oraz wglębne — w inklinometrach, pozwalają kontrolować prędkości deformacji i eliminują momenty nagłych zagrożeń, umożliwiając też dostosowanie pracy maszyn do istniejącej fazy deformacji.

Na bieżąco opracowuje się sposoby prowadzenia obserwacji makroskopowych, geodezyjnych (sieć do obserwacji przemieszczeń powierzchniowych) oraz pomiarów odkształceń i naprężeń w głębi górotworu (inklinometry i poduszki hydrauliczne firmy Glötzl). Dla każdego z prognozowanych rejonów zagrożeń geotechnicznych tworzy się rodzaje i sposoby prowadzenia obserwacji oraz ustalana ich częstotliwość.

Aktualnie obserwacjami geodezyjnymi prowadzonymi na sieci specjalnie zainstalowanych w tym celu reperów są objęte rejony:

- istniejących osuwisk 18S, 20S, 22S, 23S i 24S;
- prognozowanych zagrożeń geotechnicznych na zboczu stałym południowym wyrobiska: VII/S, XII/S, XVI/S, XVII/S;
- prognozowanych zagrożeń na zboczu stałym północnym wyrobiska: XII/N, XIII/N, XIV/N, XVI/N;
- prognozowanych zagrożeń geotechnicznych na zboczu wschodnim w strefie zejścia do rowu II rzędu nr I/E.

Sieci punktów do prowadzenia obserwacji geodezyjnych są na bieżąco rozbudowywane, co jest ściśle związane z postępem robót górniczych.

Poza obserwacjami geodezyjnymi prowadzony jest monitoring odkształceń wglębnych górotworu dla rejonów istniejących osuwisk oraz dla rejonów prognozowanych zagrożeń geotechnicznych w zainstalowanych inklinometrach. Aktualnie w kopalni „Bełchatów” prowadzi się obserwacje w 25 inklinometrach. Częstotliwość pomiarów jest ustalana indywidualnie dla każdego inklinometru w zależności od wielkości, głębokości, rodzaju obserwowanych deformacji oraz postępu robót górniczych. Częstotliwość pomiarów ustala służba geologiczna kopalni.

### **4. Charakterystyka osuwisk wielkokubaturowych powstałych na zboczu południowym wyrobiska górniczego**

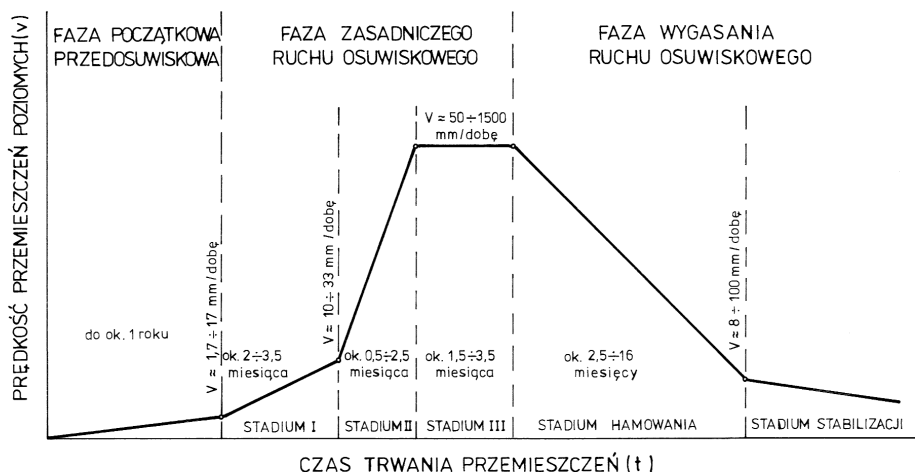
Do najgroźniejszych zjawisk geologiczno-inżynierskich należą osuwiska zboczy i skarp wyrobisk oraz zwałowisk.

Skomplikowane warunki geologiczno-strukturalne nie pozwalają na całkowitą eliminację zagrożeń osuwiskowych i należy się z nimi liczyć w ramach ryzyka górniczego. Pod-

stawowym działaniem profilaktycznym byłoby przyjęcie już w fazie projektowania geometrii odkrywki odpowiednich kątów nachylenia skarp i zboczy w nawiązaniu do rozpoznanej budowy geologicznej i na podstawie analiz stateczności opartych o wyniki badań cech wytrzymałościowych warstw gruntów oraz kontaktów warstw. Niestety żaden z tych czynników nie jest wystarczająco rozpoznany w fazie projektowania. Pozostają więc działania doraźne, dostosowane do sytuacji geologiczno-strukturalnej w danej fazie robót górniczych.

W okresie do 2007 roku rozwinęło się na zboczu stałym południowym 9 osuwisk obejmujących swym zasięgiem więcej niż jedną skarpe, z czego 6 to osuwiska o kubaturze przekraczającej 500 tys. m<sup>3</sup>. Osuwiska te otrzymały następujące nazwy: 15S, 16S, 18S, 20S, 22S, 24S. Charakterystyczne jest to, że część z nich powstała w skrzydle wiszącym (18S, 20S, 24S), a część w skrzydle zrzuconym (15S, 16S, 22S) uskoku południowego brzeżnego rowu Kleszczowa. W tabeli 1 zebrano podstawowe informacje o tych osuwiskach.

Wieloletnie pomiary pozwoliły na opracowanie schematu poszczególnych faz zmian prędkości przemieszczeń osuwisk (rys. 1). Poniższe zestawienie, opracowane w oparciu o geodynamiczną charakterystykę dużych osuwisk (tj. o kubaturze przekraczającej 0,5 mln m<sup>3</sup>), wskazuje, że osuwiska zaistniałe na zboczu południowym wyrobiska górniczego KWB „Bełchatów” charakteryzują się względnie długotrwałą fazą początkową, w trakcie której tempo deformacji osiąga wartości do 17 mm/dobę, po której następuje stadium I zasadniczego ruchu osuwiskowego trwające około do 2–3,5 miesiąca, kiedy to tempo deformacji wzrasta do 30 mm/dobę, a następnie II (0,5–2,5 miesiąca, prędkość do 50 mm/dobę) i III (1,5–3,5 miesiąca, prędkość 50–1500 mm/dobę) stadium zasadniczego ruchu osuwiskowego. Po tej fazie następuje faza wygasania ruchu osuwiskowego ze stadium hamowania i stabilizacji.



Rys. 1. Schemat poszczególnych faz zmian prędkości przemieszczeń osuwisk

TABELA 1

**Zestawienie wybranych osuwisk zarejestrowanych na zboczu stałym południowym wyrobiska Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”**

| Numer osuwiska                                                                          | Data powstania                                                                                                                                | Typ osuwiska, kubatura                                                     | Informacje o powierzchni poslizgu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Zagrożenia dla Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18S<br>zbocze S,<br>rejon linii 68–66 SN,<br>w zakresie<br>+205/+78 m n.p.m.            | 9/10 lutego 1992<br>(6 tys. m <sup>3</sup> )<br>rozwoj:<br>27 sierpnia 1993<br>(400 tys. m <sup>3</sup> )<br>4 marca 1996<br>30 kwietnia 1998 | tektoniczno-<br>-strukturalne<br>1500 tys. m <sup>3</sup><br>wieloetapowe  | powierzchnie poslizgu przebiegają w trzeciorzędowych łłach, nachylonych konsekwentnie do zbocza pod kątami od kilku do kilkunastu stopni w obrębie struktur paleosuwiskowych; w czasy osuwiskowej: utwory trzeciorzędowe: piaski i ily, utwory czwartorzędowe: piaski i gliny;<br>parametry na powierzchni poslizgu: kąt tarcia wewnętrzznego: 6,8°; spójność: 23,0 kPa                                                  | zagrożenie dla stateczności części zbocza południowego, w rejonie zejścia z eksploatacją do rowu II rzędu, konieczność zmiany konturu fragmentu zbocza południowego poniżej deformacji, przebudowa kanału nr 2, linii WN               |
| 20S<br>rejon linii 66–64 SN,<br>w zakresie<br>+205/+98 m n.p.m.                         | 26 lutego 1997                                                                                                                                | konsekwentno-<br>-strukturalne<br>2500 tys. m <sup>3</sup><br>jednoetapowe | powierzchnia poslizgu w stropie iltastych zwietrzelin zalegających na skłonie margli kredowych;<br>kąt nachylenia 7÷9° ku północnemu wschodowi;<br>utwory w czasy osuwiskowej: trzeciorzędowe piaski i ily, czwartorzędowe piaski i gliny;<br>parametry na powierzchni poslizgu: kąt tarcia wewnętrzznego 6,5°; spójność 10,0 kPa.                                                                                       | zagrożenie dla stateczności części zbocza południowego, zmiana konturu, konieczność przebudowy kanału nr 2, linii WN, zmiana lokalizacji pompowni 156S                                                                                 |
| 24S<br>zbocze S,<br>rejon linii 54–52,5 SN<br>w zakresie<br>od +199 do +119<br>m n.p.m. | 9 grudnia 2005                                                                                                                                | konsekwentno-<br>-strukturalne<br>3500 tys. m <sup>3</sup><br>jednoetapowe | powierzchnia poslizgu utworzyła się w trzeciorzędowych łłach zielonych i osadach zwietrzelinowych zalegających na stoku podłoża mezozoicznego;<br>kąt nachylenia powierzchni poslizgu: 15° w części górnej do 5° w części dolnej;<br>w czasy osuwiska: trzeciorzędowe piaski, ily; czwartorzędowe piaski, gliny, ily warwowe, muły;<br>parametry na powierzchni poslizgu: kąt tarcia wewnętrzznego 5°; spójność 24,4 kPa | zagrożenie stateczności części zbocza południowego, konieczność zmiany konturu zbocza, zniszczeniu uległo nr 9 na odcinku 30 m, przerwanie trasy prowadzenia maszyn, konieczność przebudowy linii WN, konieczność wykupu nieruchomości |

TABELA 1 cd.

| Numer osuwiska                                                                | Data powstania                                                                                          | Typ osuwiska, kubatura                                                                     | Informacje o powierzchni poślizgu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Zagrożenia dla Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15S<br>zbocze S,<br>rejon linii 85-84 SN,<br>w zakresie<br>+74/-20 m n.p.m.   | 2 czerwca 1988                                                                                          | konsekwentno-<br>-strukturalne<br>1500 tys. m <sup>3</sup><br>jednoetapowe                 | powierzchnia poślizgu — w utworach kompleksu węglanowo-węglowego i w przerostach ilastych w strefie spagowej kompleksu węglowego;<br>kąt nachylenia powierzchni poślizgu: 20° w części dolnej i środkowej; 45÷50° w części górnej;<br>w czaszy osuwiska: utwory trzeciorzędowe kompleksów: węglanowo-węglowego, węglowego i gruboklastycznego;<br>parametry na powierzchni poślizgu: kąt tarcia wewnętrzznego 9,2°; spójność 34,0 kPa                                                                                                        | zniszczeniu uległo 10 studzien, kolektory rurowe o długości ok. 800 m, rowy betonowe, nurociągi żrzutowe o długości ok. 500 m, drogi, zagrożenia pożarami endogenicznymi węgla, zagrożenia dla prowadzenia eksploatacji węgla w tym rejonie w strefie spagowej |
| 16 S<br>zbocze S,<br>rejon linii 82 SN,<br>w zakresie<br>+108/+40 m n.p.m.    | 12 września 1990                                                                                        | odprężeniowo-<br>-strukturalne<br>800 tys. m <sup>3</sup><br>jednoetapowe                  | powierzchnia poślizgu — w górnej części w strefie uskokowej uskoku brzeżnego pod kątem 36° — w części środkowej w przewarstwieniu ilastym nachylenym konsekwentnie do zbocza pod kątem 12÷14° — w części dolnej — w węglu asekwentnie do zbocza pod kątem 20÷40°;<br>w czaszy osuwiska — utwory trzeciorzędowe: węgiel, iły i mulki.<br>parametry na powierzchni poślizgu: dla ilów zwietrzelinowych i podwęglowych kąt tarcia wewnętrzznego 12,5°, spójność 30 kPa; dla ilów międzywęglowych kąt tarcia wewnętrzznego 9,2°, spójność 20 kPa | zagrożenie dla prowadzenia eksploatacji węgla poniżej rzędnej +40 m n.p.m., zagrożenie powstania pożarów endogenicznych węgla                                                                                                                                  |
| 22S<br>zbocze S,<br>rejon linii 66-64,5 SN,<br>w zakresie<br>+98/-15 m n.p.m. | 15 marca 2005<br>(650 tys. m <sup>3</sup> )<br>rozwój:<br>5 grudnia 2005<br>(1000 tys. m <sup>3</sup> ) | odprężeniowo-<br>-konsekwentno-<br>-strukturalne<br>1000 tys. m <sup>3</sup><br>dwuetapowe | powierzchnia poślizgu utworzyła się w stropie warstwy słabych ilów „oczkowych” o barwie zielonkawo-szarej z odcieniem oliwkowym; zapada na kierunku SE-NW pod kątem od 30° w części górnej do 5° w części dolnej;<br>w czaszy osuwiska: utwory trzeciorzędowe: iły, muły, węgiel brunatny;<br>parametry na powierzchni poślizgu: kąt tarcia wewnętrzznego 4,0° spójność 30 kPa                                                                                                                                                               | zagrożenie stateczności części zbocza południowego w strefie zejścia z eksploatacją do rowu II rzędu, konieczność zmiany konturu zbocza                                                                                                                        |

Cechą charakterystyczną **osuwisk 18S i 20S** było początkowe liniowe narastanie prędkości przemieszczeń od 11 do około 23 mm/dobę (I stadium fazy zasadniczego ruchu osuwiskowego), a następnie w miarę płynne przejście w II stadium bardzo szybkiego przyrostu tempa deformacji od około 50 (osuwisko 18S) do 170 mm/dobę (osuwisko 20S) i do około 670 mm/dobę (osuwisko 18S).

Analiza zachowań górotworu w rejonie zagrożeń XVI/S, gdzie powstało **osuwisko 24S** wskazuje na odmienny charakter rozwoju deformacji. Aktualnie trwają prace dokumentacyjne mające na celu opracowanie charakterystyki dynamiki osuwiska.

W **osuwisku 15S** przemieszczenia poziome w górnej części czaszy osuwiska zmniejszały się w kierunku na wschód, w części środkowej maksymalne wartości notowane były w osi i części wschodniej, zaś w dolnej części — w osi osuwiska.

Pomiary powierzchniowej sieci obserwacyjnej prowadzone były w cyklach dwa razy do roku, a ich obróbka była niezwykle czasochłonna. Maksymalne wartości przemieszczeń poziomych w okresie od maja 1987 r. do maja 1988 r. wynosiły 5,5 m, a prędkość przemieszczeń do 450 mm/miesiąc, tj. 15 mm/dobę. Istotnym zarejestrowanym elementem był czterokrotny przyrost tempa deformacji w okresie od 5.10.1987 r. do 11.11.1987 r. na reperze 158 zlokalizowanym na półce +29 m n.p.m., wyznaczający prawdopodobnie stadium I fazy zasadniczego ruchu osuwiskowego. Można więc stwierdzić, że faza zasadniczego ruchu osuwiskowego trwała około 8 miesięcy.

W **osuwisku 16S** pomiary geodezyjne prowadzone od 10 lipca do 6 września 1990 r., wykazały przyrosty tempa deformacji od 30 mm/dobę (900 mm/miesiąc) do 207 mm/dobę (6200 mm/miesiąc) — pomiar z dnia 17.08.1990 r., a następnie spadek tempa deformacji do 30 mm/dobę — pomiar z dnia 6.09.1990 r. Proces osuwiskowy najintensywniej zaznaczył się w górnej części czaszy osuwiska, gdzie przemieszczenia poziome wynosiły około 100 m. W części środkowej przemieszczenia poziome wynosiły około 30 m. Język osuwiska uległ spiętrzeniu do około 17 m, a jego zasięg na poziomie wynosił do 60 m.

W oparciu o dane geodezyjne i obserwacje makroskopowe można stwierdzić, że moment zauważenia szczelin i rozpoczęcia pomiarów to początek II stadium fazy zasadniczego ruchu osuwiskowego. Trwało ono wraz ze stadium III około 3 miesięcy.

W **osuwisku 22S** w miesiącu lipcu 2004 r. zanotowano wzrost wartości przemieszczeń poziomych od 20÷35 do 35÷50 cm oraz przekroczenie tempa deformacji 10 mm/dobę (ok. 12 mm/dobę). Okres do lutego 2005 r. — to czas powolnego przyrostu przemieszczeń poziomych do wartości od 90 do 130 cm. W dniu 17.02.2005 r. zarejestrowano wzrost tempa deformacji do 30 mm/dobę, a w dniu 8.03.2005 r. tempo deformacji przekroczyło 50 mm/dobę. Wartości przemieszczeń poziomych wynosiły od 140 do 260 cm. W oparciu o wyniki pomiarów można stwierdzić, że I stadium zasadniczego ruchu osuwiskowego rozpoczęło się w lipcu 2004 r. i trwało około 6 miesięcy, II stadium rozpoczęło się 17 lutego i trwało około 20 dni, zaś III stadium trwało tydzień. Można też określić graniczne wartości przemieszczeń w poszczególnych etapach.

Rozwój osuwiska 22S w marcu 2005 r. spowodował odprężenie kolejnego bloku tektonicznego i w konsekwencji po okresie 8,5 miesiąca rozszerzenie osuwiska.

Analiza genezy osuwisk na zboczu południowym, powstałych w skrzydle zrzuconym uskoku brzeżnego rowu, wielkości i prędkości deformacji powierzchniowych i wgłębnych, wielkości parametrów wytrzymałościowych na powierzchniach poślizgu, ich zmian zachodzących pod wpływem procesów odprężeniowych i procesów rozmakania ilów, pozwoliła na potwierdzenie zagrożenia na zboczu północnym w rejonie XIII/N. W związku z powyższym konieczne było podjęcie prac projektowych, których celem było opracowanie sposobu zabezpieczenia stateczności zbocza transportowego.

## 5. Sposoby ograniczania zagrożenia na przykładzie rejonu XIII/N

### 5.1. Budowa geologiczna

Główną cechą charakterystyczną budowy geologicznej zbocza północnego w omawianym rejonie jest jej dwudzielność. W związku z obecnością północnego uskoku brzeżnego Rowu Kleszczowa (UNB nr 3) część górna zbocza profilowana jest w osadach zalegających na skrzydle wiszącym uskoku brzeżnego. Są to osady czwartorzędowe reprezentowane przez typowe osady glacialne oraz trzeciorzędowe piaski brunatne i iły zielone. Zalegają one subhoryzontalnie lub asekwentnie do zbocza. Osady te budują zbocze w przedziale od powierzchni terenu do rzędnej +80 m n.p.m. W zakresie rzędnych +80/–20 m n.p.m. zbocze wyprofilowane jest w osadach budujących skrzydło zrzuczone północnego uskoku brzeżnego.

Do głównych elementów strukturalnych tej części zbocza [1] należy zaliczyć:

- **Ramę północnego uskoku brzeżnego.** W rejonie wychodni jury i margli kredowych uskok brzeżny UNB nr 3 tworzy dwa uskoki schodowo obniżające strop podłoża mezozoicznego z rzędnych +80 ÷ +50 m n.p.m. do –20 ÷ –80 m n.p.m.
- **Konsekwentne poddarcie pokładu głównego węgla wzdłuż uskoku brzeżnego.** Odślonięta budowa geologiczna w zakresie rzędnych +65 ÷ –20 m n.p.m. wskazuje na konsekwentne do zbocza nachylenie spągu pokładu głównego na całej długości omawianego rejonu. Pomiary terenowe oraz analiza mapy spągu wskazują na zmienne nachylenie spągu pokładu głównego od 7 do 11° w dolnej części zbocza, 15÷29° w strefie VIII piętra górniczego (+22/+44 m n.p.m.), do 35÷70° w strefie uskokowej.
- **Przewarstwienia w węglu i kompleksie podwęglowym.** W obrębie pokładu głównego węgla brunatnego występują dwa rodzaje przewarstwień. Są to przewarstwienia kredy jeziornej koncentrujące się głównie w rejonie wychodni wapieni jurajskich oraz przewarstwienia ilaste. Kontakty pomiędzy warstwami kredy jeziornej i węgla to strefy sedymentacyjnego zazębienia się tych osadów. Przewarstwienia ilaste występują głównie w spągowych partiach pokładu głównego węgla. Jest to strefa wzajemnie przeławicających się warstw węgla i ilu. Miąższość strefy wynosi od 5 do 8 m. W obrębie przewarstwień ilastych obserwuje się liczne zlustrowania, a nawet brekcje ilaste świadczące o wcześniejszych procesach tektonicznych. Przewarstwienia ilaste występują także w stropowej części kompleksu podwęglowego.



- **Zaburzenia fałdowe.** Obserwacje terenowe wskazują na obecność w zachodniej części rejonu zagrożeń XIII/N fałdowych zaburzeń pokładu węgla. Jest to forma antyklinalna, w części wschodniej mająca charakter fałdu obalonego ku NW, przechodząca w kierunku zachodnim w formę symetrycznego fałdu stojącego.
- **Olistolit.** W trakcie prowadzenia wierceń rozpoznawczych w rejonie linii przekrojowych 62SN – 60SN stwierdzono w obrębie węgla pokładu głównego, w jego spągowej części, występowanie bloku skał podłoża mezozoicznego. Strefa ma długość 170÷180 m, szerokość 30÷40 m i miąższość ok. 20 m. Kubatura bloku wynosi ok. 120÷144 tys. m<sup>3</sup>. Strukturę zinterpretowano jako oberwany i grawitacyjnie zsunięty w obręb torfowiska fragment podłoża z krawędzi rowu i uznano za „kontynentalny olistolit” [4]. Blok zalega w osiowych partiach opisywanej wcześniej struktury antyklinalnej.

## 5.2. Obserwowane deformacje w rejonie zagrożeń XIII/N

Pierwsze deformacje stwierdzono w grudniu 2004 r. po północnej stronie przenośnika B.73/2, na półce +45 m n.p.m. Wystąpiły tu rysy i szczeliny o rozwarości do 0,5 cm i przebiegu ogólnym E – W. Strefa deformacji nieciągłych zlokalizowana była pomiędzy dwoma otworami inklinometrycznymi 1561B/IN-3N oraz 1571B/IN-5NBIS i rozciągała się na długości około 180 m. Zbocze północne poniżej powstałych deformacji było wówczas uformowane w części zachodniej do rzędnej +23 m n.p.m., a w części wschodniej do rzędnej –2 m n.p.m. Przeprowadzone pomiary kontrolne wskazywały na wzrost wartości odkształceń poziomych wzdłuż wektora przemieszczeń skierowanego ku SE oraz na podnoszenie półek +45 i +23 m n.p.m. Należy zaznaczyć, że powierzchniowa sieć obserwacyjna była w początkowej fazie tworzenia i ustalony cykl obserwacyjny dla tej części zbocza wynosił 1 raz na kwartał. Był to dopiero drugi cykl pomiarowy. Obserwacje odkształceń wgłębnych górotworu wskazywały na centymetrowe przemieszczenie wzdłuż powierzchni spągu w otworach 1561B/IN-3N, 1549B/IN-1N i 1571B/IN-5NBIS oraz skrócenie kolumny inklinometrycznej zgodnie z ruchem wskazówek zegara o 10° w otworze 1561B/IN-3N.

W marcu 2006 r. zaobserwowano odtwarzanie się deformacji nieciągłych wzdłuż szczeliny na poziomie +45 m n.p.m. w jej pierwotnym zarysie. Uaktywnienie się strefy deformacji nastąpiło w efekcie robót górniczych prowadzonych w X piętrze górniczym, w zakresie rzędnych –2,5/–18 m n.p.m., w rejonie linii przekroju geologicznego 63SN. Na skarpie stałej w trakcie jej profilowania ujawniła się powierzchnia wysuwania, zlokalizowana w ilach śródwęglowych w przyspągowej strefie pokładu głównego. Powierzchnia przebiegała na wysokości około 5 m od stopy skarpy na odcinku około 80 m skarpy stałej północnej, a na skarpie roboczej na odcinku około 50 metrów. Zaobserwowane wysuwanie w ocenie makroskopowej wynosiło około 10 cm. Analiza wyników pomiarów powierzchniowej sieci obserwacyjnej wskazywała na zarejestrowanie procesu deformacji, jaki zaczął się rozwijać w rejonie zagrożeń XIII/N. Jednakże tempo deformacji dla reperów powierzchniowej sieci obserwacyjnej poza punktem 378 (20 mm/dobę) nie przekroczyło wartości 5 mm/dobę. Kolejne pomiary geodezyjne sieci powierzchniowej wykazały początkową stabilizację obszaru

do wartości sprzed wykonania zakresu robót górniczych z IV/2005 położenia przenośnika B.100, a następnie zauważalny proces pełnienia górotworu. Sumaryczne przemieszczenia dla wybranych reperów zestawiono w tabeli 2.

Obserwacje w inklinometrach zlokalizowanych w rejonie prognozowanych zagrożeń wskazywały na przyrost deformacji w strefie spągowej pokładu głównego. W inklinometrze 1562B/IN-4NBIS w marcu zaobserwowano w strefie przyspągowej przyrost deformacji o około 2 cm oraz zauważalny przyrost tempa deformacji od 0,5 cm do 2 cm na miesiąc.

TABELA 2  
Sumaryczne przemieszczenia poziome wybranych reperów

| Reper<br>Data | 368  | 366  | 360  | 359  | 358   | 376  | 378   |
|---------------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| 1.04.2004     | cm   | cm   | cm   | cm   | cm    | cm   | cm    |
| 15.2.2006     | 14,4 | 7,8  | 20,6 | 29,1 | 12,4  | 3    | 0,8   |
| 24.2.2006     | 14,6 | 7,9  | 22,4 | 28,4 | 13,6  | 2,5  | 3,7   |
| 3.3.2006      | 15   | 8,4  | 21,7 | 31,4 | 18,2  | 3,4  | 18,2  |
| 10.3.2006     | 15,8 | 9,1  | 22,8 | 30,3 | 19,04 | 3,61 | 19,19 |
| 17.3.2006     | 14   | 8,3  | 22,1 | 30,0 | 17,5  | 2,8  | 18,7  |
| 3.04.2006     | 14,6 | 9,3  | 23,8 | 31,1 | 19,05 | 4,6  | 20,7  |
| 7.04.2006     | 15,7 | 8,6  | 22,2 | 31   | 20,4  | 3,1  | 23    |
| 13.04.2006    | 15,9 | 8,8  | 22,3 | 31,8 | 21,3  | 2    | 22,9  |
| 21.04.2006    | 18,1 | 9,7  | 22,7 | 32,3 | 21,5  | 3,8  | 22,6  |
| 28.04.2006    | 18,8 | 9,9  | 24,2 | 32,1 | 21,2  | 5    | 25,5  |
| 5.05.2006     | 19,5 | 10,6 | 24,7 | 33,3 | 21,4  | 5    | 25,5  |

-  — szarą barwą podkreślono datę odtworzenia deformacji,  
 — repery zlokalizowane w części zachodniej rejonu zagrożeń

Interesujący zapis rozwoju deformacji w korpusie zbocza został zarejestrowany przez sondę Glötza do pomiaru zmian naprężeń w górotworze. Sondę zainstalowano w listopadzie 2004 r. Pomiar odbywał się w trzech kierunkach zorientowanych wzdłuż azymutów 252°, 132° i 192° przez czujniki zabudowane w warstwie węgla na głębokości 18÷19 m. Początkowy wzrost ciśnień był związany z odtwarzaniem się pola naprężeń naruszonego wskutek wykonania otworu. Relaksacja naprężeń wskutek wyprofilowania zbocza poniżej zainstalowanej sondy spowodowała spadek naprężeń w dniu 22.07.2005 r. Następnie, po okresie ok. 2-miesięcznej stagnacji, obserwowano ponowny przyrost wartości naprężenia wzdłuż azymutu 192°. W grudniu 2005 r. nastąpiło przerwanie łączności z czujnikiem mie-

rzącym naprężenia wzdłuż azymutu  $192^\circ$  i jednocześnie zanotowano powolny wzrost naprężenia wzdłuż azymutu  $132^\circ$  oraz spadek naprężenia wzdłuż azymutu  $252^\circ$ .

### 5.3. Zabezpieczenie stateczności części zbocza zwałowiskiem wewnętrznym

W oparciu o obserwacje terenowe oraz pomiary deformacji powierzchniowych i wgłębnych określono obszar podlegający odkształceniom. Obejmował on zbocze północne na długości  $600\pm 650$  m i szerokości 500 m w zakresie rzędnych od  $+45$  m n.p.m. do  $-20$  m n.p.m. Kubaturę górotworu objętego deformacjami oszacowano na  $3,5\pm 4$  mln  $m^3$ . Przeprowadzone odwrotne obliczenia stateczności w rejonie odsłoniętej powierzchni poślizgu wskazywały, że średnie parametry wytrzymałościowe gruntu nie są wyższe od  $\varphi = 5^\circ$  i  $c = 21,3$  kPa. W wyniku przeprowadzonej analizy stateczności zbocza, przy założeniu, że słabonośna warstwa gruntów rozciąga się na całym zagrożonym obszarze (co potwierdzały obserwacje deformacji wgłębnych i powierzchniowych), uzyskano wartości wskaźnika stateczności  $F$  w zakresie od 0,90 do 0,95.

Dla zabezpieczenia stateczności zagrożonego odcinka zbocza rozpatrywano trzy warianty [2]:

- 1) podparcie zbocza poprzez poszerzenie poziomu  $-2$  m n.p.m. o ok.  $100\pm 150$  m,
- 2) wykonanie gwoździowania z półki  $-2$  m n.p.m.,
- 3) wykonanie przypory gruntowej.

Wariant pierwszy został odrzucony po wykonaniu obliczeń stateczności zbocza. Uzyskane wskaźniki stateczności wahały się w zakresie od 1,0 do 1,1.

Wariant drugi zakładał wykonanie gwoździowania z półki  $-2$  m n.p.m. na długości ok. 200 m gwoździami o długości 30 m w rozstawie  $1,5 \times 1,5$  m rozmieszczonymi w dwóch rzędach. Ze względu na brak doświadczeń odnośnie skuteczności tego systemu zabezpieczenia dla obiektów wielokubaturowych wariant został odrzucony.

W maju 2006 r. podjęto decyzję o zabezpieczeniu stateczności zbocza północnego w rejonie zagrożeń XIII/N przez podparcie zwałowiskiem wewnętrznym prowadzonym z poziomu  $+15 \div +20$  m n.p.m. Dla zwiększenia skuteczności oddziaływania przypory zdecydowano o przegłębieniu wyrobiska poniżej spągu węgla, celem wyeksploatowania przewarstwień ilastych występujących w części stropowej kompleksu powęglowego i posadowienia przypory w całości na stropie piasków podwęglowych. Ponadto dla odzyskania dodatkowych mas węgla oraz poszerzenia pasa podłoża piaszczystego dla posadowianej przypory, założono wyeksploatowanie węgla zalegającego w piętrze  $-2/-20$  m n.p.m. zbocza stałego północnego.

Projekt techniczny zabezpieczenia stateczności części zbocza został opracowany przez biuro projektowe Poltegor-Projekt sp. z o.o. we Wrocławiu. W projekcie [2] założono wykonanie przypory gruntowej o następujących parametrach:

- długość 900 m;
- szerokość od 90 do 140 m w koronie, od 100 do 200 m u podstawy;

- wysokość od 30 do 50 m w części zachodniej, zaś w części wschodniej od 9 do 30 m;
- maksymalna szerokość odsłoniętego i nie podpartego zbocza nie powinna przekraczać 50 m.

Realizację budowy przypory zwałowej podzielono na dwa etapy. Pierwszy etap obejmował podparcie zbocza w strefie udostępnionego już piętra –2/–25 m n.p.m. na odcinku ok. 300 m, między liniami przekrojowymi 64,5SN i 63SN. Drugi etap to podparcie zwałęm zbocza w rejonie pomiędzy liniami przekrojowymi 63SN i 61SN, w strefie, gdzie piętro –2/–25 m n.p.m. nie zostało jeszcze udostępnione ze względu na zatrzymanie robót górniczych w piętrze X w momencie wystąpienia zagrożenia.

#### 5.4. Deformacje obsewowane w trakcie realizacji I etapu projektu zabezpieczenia zbocza

Realizację budowy przypory rozpoczęto 2.11.2006 r. W tabeli 3 zaprezentowano wartości przemieszczeń poziomych dla wybranych reperów.

TABELA 3

**Sumaryczne wartości przemieszczeń poziomych w trakcie realizacji  
I etapu prac zabezpieczających**

| Reper<br>Data | 368  | 366  | 360                | 359                | 358  | 376                | 378  |
|---------------|------|------|--------------------|--------------------|------|--------------------|------|
|               | cm   | cm   | cm                 | cm                 | cm   | cm                 | cm   |
| 02.11.2006    | 24,4 | 12,4 | 27,5               | 38                 | 27,4 | 10                 | 32,8 |
| 09.11.2006    | 25   | 15,9 | 29,5               | 39,2               | 27,4 | 12,1               | 34,3 |
| 16.11.2006    | 26,3 | 18,2 | 28,9               | 37,8               | 26,4 | 11,6               | 34,7 |
| 23.11.2006    | 25,1 | 21,5 | 29,8               | 38,6               | 28,4 | 13                 | 34,4 |
| 30.11.2006    | 25,9 | 18,7 | 33,3               | 41,1               | 28,9 | 18,4               | 34,9 |
| 06.12.2006    | 25,9 | 20   | reper zlikwidowano | reper zlikwidowano | 28,5 | reper zlikwidowano | 37   |
| 14.12.2006    | 24,6 | 19,3 |                    |                    | 29,2 |                    |      |
| 21.12.2006    | 26,4 | 21,1 |                    |                    | 34,4 |                    |      |
| 28.12.2006    | 25,7 | 19,7 |                    |                    | 32,8 |                    |      |
| 04.01.2007    | 26   | 20,2 |                    |                    | 34,2 |                    |      |
| 11.01.2007    | 26,8 | 19,6 |                    |                    | 32   |                    |      |
| 17.01.2007    | 27,9 | 21   |                    |                    | 34   |                    |      |

 — repery zlokalizowane w części zachodniej rejonu zagrożeń (II etap prac zabezpieczających)

Porównanie wartości przemieszczeń poziomych z danymi w tabeli 1 wskazuje na pełzanie zbocza w części wschodniej — przemieszczenie reperów od 5 do 7 cm. Rozpoczęcie robót zabezpieczających skutkuje przyrostami przemieszczeń w granicach od 5 do 8 cm. Jednocześnie obserwuje się przyrosty deformacji w części zachodniej, szczególnie w rejonie reperu 366 (przyrost o 9 cm).

Reakcję górotworu na rozpoczęcie robót odnotowano także w wielkości odkształceń wgłębnych. W inklinometrze 1384B/IN-2N pomiary wykazały po wykonaniu kwatery pod budowę przypory przyrost deformacji o 1 cm w okresie miesiąca. Wcześniej pomiary tempa deformacji osiągały wartości do 0,25 cm na miesiąc. Niepokojącym sygnałem jest wzrost aktywności zachodniej części rejonu zagrożeń. W inklinometrach 1425BBIS/IN-8N, 1562BBIS/IN-4NBIS, 1452BBIS/IN-10N obserwuje się intensywne deformacje w stopie skarpy +45/+22 m n.p.m. oraz +22/–2 m n.p.m.

Efekt rozpoczęcia robót zabezpieczających zaznaczył się również w obserwacjach makroskopowych prowadzonych w rejonie szczeliny głównej na poziomie +45 m n.p.m. Szczelina, zaiłowana w kwietniu 2006 r., w listopadzie 2006 r., po rozpoczęciu robót uległa odtworzeniu. Obserwuje się również intensywne osiadanie objawiające się deformowaniem obudowy przeciwerozyjnej skarp bocznych platformy IV pochylni transportowej.

Rozpoczęcie realizacji drugiego etapu prac zabezpieczających obejmujących część zachodnią rejonu zagrożeń planowane jest na początek marca 2007 r.

W wyniku realizacji projektu zabezpieczenia stateczności zbocza północnego w rejonie zagrożeń XIII/N zostanie wydobyte około 1 mln Mg węgla brunatnego o kaloryczności około 1650 kcal/kg (6820 kJ) z zasobów nieprzemysłowych.

## 6. Podsumowanie i wnioski

- 1) Wśród zagrożeń naturalnych towarzyszących głębokiej, odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego, z jakimi spotykamy się w Zakładzie Górniczym KWB „Bełchatów”, zagrożenia osuwiskowe mają znaczenie dominujące. Wynika to głównie z ich charakteru, zasięgu oraz wpływu na ruch zakładu górniczego.
- 2) Prognozowanie zagrożeń naturalnych — w tym zagrożeń osuwiskowych — odbywa się etapami, wraz z rozwojem frontów wydobywczych i postępem eksploatacji, poszerzaniem bazy informacyjnej i pomiarowej, badaniami laboratoryjnymi oraz prowadzonymi analizami i obliczeniami inżynierskimi. Obserwujemy zdecydowany postęp w zakresie jakości i trafności opracowywanych prognoz zagrożeń, zarówno długoterminowych, jak i krótkoterminowych, wynikający z rozbudowy systemu monitoringu wyrobisk, działań interdyscyplinarnych a przede wszystkim zdobytego doświadczenia.
- 3) W zapobieganiu lub ograniczaniu zagrożeń osuwiskowych w warunkach wielkoskalowej, odkrywkowej eksploatacji górniczej podstawowym kierunkiem prac jest modyfikowanie technologii prowadzonych robót górniczych z dostosowaniem do konkretnych rejonów wyrobiska oraz technologii pracy z użyciem sprzętu pomocniczego.

Klasycznym przykładem takiego sposobu rozwiązywania zadania jest omówiony w referacie rejon zagrożeń XIII/N na zboczu północnym w Odkrywce Belchatów.

- 4) Bezpieczeństwo prowadzonych robót górniczych stało się nadrzędną zasadą całej naszej działalności wydobywczej, a ryzyko wystąpienia zagrożeń musi być stale minimalizowane. Aby ta zasada mogła być realizowana, obok posiadanej wiedzy górniczej, wdrożonej techniki i zdobytego doświadczenia potrzebne jest jeszcze zwykłe górnicze szczęście.

#### LITERATURA

- [1] *Sowiński L.*: Analiza budowy geologicznej oraz analiza zagrożeń geologiczno-inżynierskich na zboczu stałym północnym w KWB „Belchatów” do końca eksploatacji ze szczególnym uwzględnieniem rejonów zagrożeń XIII/N, XIV/N i XVI/N. Biuro Projektów Górniczych i Geologicznych PROGiG we Wrocławiu, Wrocław 2006
- [2] *Dawidziak G.*: P. Belchatów. Korekta zbocza północnego wraz z weryfikacją lokalizacji obiektów i urządzeń zakładu górniczego w strefie pomiędzy liniami przekrojowymi 63SN-61SN projekt techniczny cz. geotechniczna. Poltegor-Projekt sp. z o.o. we Wrocławiu, Wrocław 2006
- [3] *Rybicki S., Czarnecki L., Organiściak B.*: Zagrożenia geotechniczne w KWB „Belchatów”, ich uwarunkowania, możliwości prognozy oraz zapobiegania. Sympozjum 25 lat doświadczeń KWB „Belchatów”, Belchatów 2000
- [4] *Czarnecki L.*: Olistolit w śródlądowych osadach miocenu rowu Kleszczowa. Przegląd Geologiczny, t. 52, nr 9 (wrzesień) 2004, 899–902
- [5] *Kasza L., Olszewski B., Pilecki K., Wilczyński R., Sowiński L.*: Dokumentacja geologiczno-inżynierska procesu osuwiskowego 15S na zboczu południowym. Uniwersytet Wrocławski Instytut Nauk Geologicznych Zakład Geologii Stosowanej, Wrocław 1988
- [6] *Kasza L., Olszewski B., Pilecki K., Czyżewski Z.*: Dokumentacja geologiczno-inżynierska procesu osuwiskowego 16S na zboczu południowym odkrywki Belchatów. Uniwersytet Wrocławski Instytut Nauk Geologicznych Zakład Geologii Stosowanej, Wrocław 1988