

Marek KRAWCZYK

Wyższy Urząd Górniczy, Katowice

ZAGROŻENIA OSUWISKOWE W GÓRNICTWIE ODKRYWKOWYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę zagrożeń osuwiskowych występujących w górnictwie odkrywkowym. Zwrócono uwagę na przyczyny powstawania osuwisk w związku z budową geologiczną złóż i sposobem ich zalegania, oraz na zróżnicowany sposób monitorowania i badania zagrożeń osuwiskowych w poszczególnych gałęziach tego górnictwa. Najbardziej zaawansowane podejście do zwalczania zagrożeń osuwiskowych występuje w kopalniach węgla brunatnego, korzystających z nowoczesnych technik pomiarowych i programów komputerowych.

LANDSLIDE HAZARDS IN SURFACE MINING

Summary. The paper presents analyses of landslide hazard occurring in surface mining. Article taking into consideration reasons of arise of landslides in relation to geology structure and kind of deposition and also manner of monitoring and examination landslide hazard in particular branch of mining. The most advanced approach to counteract of landslide hazards take place in brown coal mines which use the latest measurements techniques and computers programs.

1. Wstęp

Odkrywkowa eksploatacja złóż związana jest z wieloma zagrożeniami, które mają charakter: naturalny i techniczny. Do zagrożeń posiadających obie te cechy, z przewagą uwarunkowań wynikających z ukształtowania górotworu, należą zagrożenia geotechniczne, w tym osuwiskowe. Na powstawanie i rozwój osuwisk, ogólnie mówiąc, ma wpływ budowa geologiczna górotworu i geometria wyrobiska, powstała w wyniku przemysłanych działań człowieka. Od tych działań, podjętych przez przedsiębiorcę górniczego, zależy bezpieczeństwo geotechniczne w zakładach górniczych, w których wydobyte złóż prowadzone jest metodą odkrywkową. Obecnie funkcjonuje ok. 4276 kopalń odkrywkowych. Eksploatuje się w nich złoża węgla brunatnego, surowców skalnych, kruszyw naturalnych,

surowców ceramicznych, surowców dla potrzeb przemysłu cementowo-wapienniczego, piaski szklarskie i w mniejszym zakresie inne kopaliny, lecz również potrzebne w gospodarce. Występuje duże zróżnicowanie odkrywkowych zakładów górniczych pod względem powierzchni wyrobisk, ich głębokości, wielkości wydobywania, stosowanych technologii oraz posiadanych środków technicznych i organizacyjnych. Z uwagi na ukształtowanie terenu i sposób zalegania złoża eksploatacja prowadzona jest stokowo, stokowo-wgłębnie lub wgłębnie, z prowadzeniem odwodnienia górotworu lub tylko w warstwie suchej, a także spod lustra wody czy z dna morskiego. Aktualnie czynne są cztery duże kopalnie węgla brunatnego – KWB Bełchatów, KWB Turów, KWB Konin i KWB Adamów – oraz jedna mniejsza – KWB Sieniawa. Roczne wydobywanie w tych kopalniach wynosi łącznie ok. 61 mln ton węgla, przy skomplikowanych warunkach geologicznych i hydrogeologicznych, i głębokości wyrobisk rzędu 200 m i więcej (np. KWB Bełchatów, KWB Turów). Najwięcej jest małych zakładów górniczych, w przeważającej ilości eksploatujących złoża kruszyw naturalnych, często o powierzchni do 2 ha, z których w ubiegłym roku wydobyto ok. 170 mln ton surowców. Specyficznymi cechami charakteryzuje się górnictwo skalne, gdzie niejednokrotnie nachylenie skarp zboczy stałych i ścian eksploatacyjnych zbliżone jest do kąta 90^0 (eksploatacja bloczna złóż granitu), a głębokość tych wyrobisk dochodzi do 100 m, przy stosunkowo niedużej ich powierzchni w terenie.

Wszystkie te zakłady górnicze łączy jedno z zagrożeń, które w nich występuje, a mianowicie **zagrożenie geotechniczne**.

2. Analiza zarejestrowanych zagrożeń osuwiskowych

Pod pojęciem zagrożeń geotechnicznych w kopalni odkrywkowej rozumie się możliwość utraty stateczności zboczy, skarp i poziomów wyrobiska lub zwałowiska, głównie w wyniku wystąpienia osuwisk, zapadlisk, wypiętrzenia gruntu, wymyc sufozyjnych, gwałtownych odprężeń skał itp.

Najwięcej osuwisk, które zarejestrowano, opisano i zbadano powstało w kopalniach węgla brunatnego. Miały one miejsce zarówno w odkrywkach, na frontach eksploatacyjnych i zboczach stałych, jak i na zwałowiskach nadkładu. W nie mniejszym stopniu zagrożenie to spotykane jest w kopalniach eksploatujących surowce ilaste, kruszywa naturalne oraz

w innych kopalniach surowców skalnych (np. diabazu, bazaltu, wapienia), szczególnie w tych, gdzie występują zjawiska krasowe i stosunkowo duża miąższość utworów tworzących nadkład.

Można zauważyć, że istotnymi czynnikami wpływającymi na powstawanie i ewentualny rozwój osuwisk są:

- budowa geologiczna złoża i nadkładu, w tym zaburzenia tektoniczne,
- własności geomechaniczne skał,
- warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne,
- wysokość i kąt nachylenia skarp i zboczy, szerokość poziomów oraz półek bezpieczeństwa i pochylni transportowych,
- niedostateczne lub niewłaściwe odwadnianie, występowanie zawodnienia resztkowego,
- nadmierne obciążenia statyczne i dynamiczne.

Budowa geologiczna eksploatowanych obecnie złóż węgla brunatnego jest bardzo zróżnicowana. Stąd i przyczyny powstawania osuwisk w poszczególnych kopalniach są różnorodne. Poniżej przedstawiono charakterystykę zagrożeń osuwiskowych w kopalniach węgla brunatnego.

Złoże węgla brunatnego Bełchatów jest położone w centralnej części jednostki tektonicznej nazywanej Rowem Kleszczowa, który jest wąską, około 2,5–3 km, subrównoleżnikową strukturą o charakterze depresji tektonicznej, założoną w utworach mezozoicznych. Zlokalizowany jest w północnym obrzeżu elewacji Radomska, zwanej też rygłem Kodrąbia, rozdzielającej nieckę łódzką od niecki miechowskiej. Rów Kleszczowa jest najgłębszym neotektonicznym zapadliskiem na obszarze Niżu Polskiego i stanowi wysunięty ku wschodowi element strefy tektonicznej Poznań – Kalisz – Rzeszów. Złoże dzieli się na trzy pola: Pole Kamieńsk, Pole Bełchatów i Pole Szczerców. W obrębie utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych wydzielono sześć kompleksów litostratygraficznych, zawierających bardzo urozmaiconą gamę osadów geologicznych. Występują liczne uskoki tektoniczne. Stosunkowo duża głębokość zalegania złoża i specyfika jego zalegania sprawiają, że zagrożenia geotechniczne stanowią istotny problem w trakcie eksploatacji.

Większość powstających osuwisk ma charakter strukturalny.

Do głównych powierzchni strukturalnych, po których rozwijają się osuwiska należą:

- powierzchnie tektoniczne i glącitektoniczne, takie jak: uskoki, nasunięcia, spękania, zluźnienia, zlustrowania,
- powierzchnie kopalnych ślizgów odtwarzające się wraz z postępowaniem robót górniczych w warstwach ilów międzywęglowych, w spągowej części utworów kompleksu węglowego,
- powierzchnie międzywarstwowe i stropowe osadów zastoiskowych w dolnym (zaburzonym) piętrze strukturalnym czwartorzędu,
- powierzchnia graniczna między piaszczysto-mułkowo-gliniastymi osadami czwartorzędowymi a osadami ilastymi występującymi w stropie utworów trzeciorzędowych.



Fot. 1. Osuwisko 22S na zboczu południowym odkrywki KWB Bełchatów
 Phot. 1. Landslide 22S at south slope of surface mine Bełchatów

Wraz z pogłębianiem się wyrobiska i bezpośrednim rozpoznaniem budowy geologicznej nadkładu ujawniła się bardzo ważna rola powierzchni struktur paleosuwiskowych w powstawaniu osuwisk. Stanowią one główną część w powstawaniu osuwisk na zboczu północnym, obejmującym swym zasięgiem południowy skłon rynny erozyjnej, ukształtowany w dużej mierze przez procesy pierwotnych osuwisk. Powierzchnie tektoniczne, zluźnień tektonicznych, nasunięć oraz paleoślizgów odgrywają z kolei ważną rolę w powstawaniu osuwisk zbocza południowego odkrywki, a wcześniej (przed zazwałowaniem) również zbocza

wschodniego. Na górnych piętrach zbocza południowego ujawniła się także, w powstawaniu osuwisk, rola strefy kontaktowej utworów czwartorzędowych z marglisto-ilastymi zwietrzelinami wyniesionego tu wysoko podłoża mezozoicznego.

W KWB Bełchatów zarejestrowano (udokumentowano), od początku prowadzenia robót górniczych 47 osuwisk, które spowodowały zagrożenia i utrudnienia w ruchu zakładu górniczego, w tym:

- na zboczu wschodnim (całkowicie zasypanym zwałowaniem wewnętrznym) wystąpiło 12 osuwisk,
- na zboczu południowym zarejestrowano 24 osuwiska,
- na zboczu północnym wystąpiło 11 osuwisk.

Ostatnio, w grudniu 2005 r., zarejestrowane na zboczu południowym odkrywki Bełchatów osuwisko uruchomiło masy ziemne, których kubaturę oszacowano na ok. 3,5 mln m³.

Złoże węgla brunatnego Turów znajduje się we wschodniej części tektonicznej Niecki Żytawy, oddzielającej masyw Gór Łużyckich od zachodniej części Gór Izerskich. Niecka obejmuje części terytoriów Polski, Niemiec i Czech. Największe zasoby węgla brunatnego znajdują się na terytorium Polski i są eksploatowane przez KWB Turów na obszarze bezpośrednio przyległym do granic państwa z Niemcami i Czechami.

Niecka Żytawy powstała w wyniku działań tektonicznych z okresu orogenezy saksońskiej. Jej budowa jest charakterystyczna dla zaburzeń tego okresu. Podłoże i obramowanie niecki stanowią utwory paleozoiczne, wykształcone w postaci granitów i gnejsów. Stropowe ich partie wykazują duży stopień zwietrzenia. Kompleks osadów trzeciorzędowych osiąga w niecce żytawskiej znaczną miąższość. W profilu pionowym tych osadów zaznacza się naprzemianległe ułożenie warstw klastycznych i węgla brunatnego. Węgiel brunatny występuje w dwóch zasadniczych pokładach, przy czym stropowe partie pokładu górnego ulegają rozszczepieniu na kilka warstw wyklinowujących się w południowej części złoża. Kompleks warstw nadkładowych budują, w przeważającej części, gliny z wkładkami piasków i żwirów oraz soczewkami i cienkimi warstwami węgla brunatnego. Warstwy międzypokładowe zbudowane są z ilów jasnoszarych, szarych i brunatnych, z wkładkami piasków i żwirów.

W rejonie prowadzonej eksploatacji złoża, tj. na obszarze ok. 22 km², do chwili obecnej, udokumentowano ponad 250 uskoków. Ilość ich wzrasta wraz z postępem robót

wydobywczym na coraz większą głębokość. Generalnie dominują trzy przeważające kierunki dyslokacji uskoków, ale często pojawiają się także uskoki o odmiennych kierunkach.

Na stan zagrożeń geotechnicznych wpływ mają następujące warunki:

- nieckowy kształt złoża z dużymi nachyleniami podłoża krystalicznego w obszarach peryferyjnych,
- nieregularne zaleganie pokładów,
- duże, niekiedy lokalnie przekraczające 20° , wielokierunkowe nachylenia podłoża, spągu oraz poszczególnych warstw litostratigraficznych złoża,
- występowanie w spągowych warstwach pokładów węgla nieprzepuszczalnych, plastycznych przewarstwień, często silnie nachylonych,
- liczne, skupione i wielokierunkowe dyslokacje tektoniczne,
- liczne wielokierunkowe spękania odprężeniowe pokładów węgla,
- kompakcyjne strefy nieciągłości warstw serii ilów międzywęglowych,
- wody resztkowe, nieodprowadzone podstawowym systemem odwodnienia wglębnego,
- dominujący udział gruntów spoistych w nadkładzie, podspągowych partiach złoża oraz w przewarstwieniach pokładów węgla,
- zróżnicowanie parametrów wytrzymałościowych nadkładu,
- twarde syderytowe przewarstwienia ilów, zwłaszcza w serii międzywęglowej.

W KWB Turów, od początku prowadzenia eksploatacji, wystąpiło wiele osuwisk, w dużej części o charakterze lokalnym. W latach 1998–2006 zarejestrowano 26 znaczących osuwisk. Wcześniej, w latach 1989–1990, powstało zagrożenie dla stateczności filara ochronnego rzeki Nysy Łużyckiej w części stanowiącej granicę państwową z Niemcami, a w 1994 roku powstało osuwisko „Świniec” na zwałowisku zewnętrznym, przy granicy z Republiką Czeską. W obydwu przypadkach działania zabezpieczające prowadzono w ramach akcji ratowniczych.

W pierwszym przypadku fragment zbocza odkrywki w rejonie filara ochronnego znajdował się we wstępnym okresie rozwoju procesu osuwiskowego. Proces ten mógł przekształcić zagrożony rejon w osuwisko o charakterze strukturalno–odprężeniowym.

W trakcie obserwacji przewidywano, że zasięg osuwiska może objąć powierzchnię ok. 480 ha, a jego kubaturę szacowano na ok. 12 mln m³.



Fot. 2. Osuwisko „Świniec” na zwałowisku zewnętrznym KWB Turów
Phot. 2. Landslide „Świniec” at outer dump Turów mine

W przypadku osuwiska „Świniec”, powstałego w grudniu 1994 roku na zwałowisku zewnętrznym, okolicznościami sprzyjającymi powstaniu osuwiska była zróżnicowana pod względem morfologicznym i geologicznym budowa podłoża zwałowiska. W tym rejonie występowały liczne niekontrolowane ciekły wodne, powierzchnie podmokłe i źródłkowe oraz utwory aluwialne i elewacje skał krystalicznych. Osuwisko rozwijało się w kierunku granicy z Republiką Czeską, a przemieszczenia czoła osuwiska osiągały miejscami przyspieszenia dochodzące w kulminacyjnych momentach do wartości większej niż 25 m/dobę. W efekcie powstało osuwisko obejmujące powierzchnię ok. 68 ha, o objętości rzędu 6 mln m³.

Obydwa zdarzenia spowodowały zagrożenie dla bezpieczeństwa powszechnego, w tym zagrożenie naruszenia granic z ościennymi państwami.

Złóża węgla brunatnego w rejonie Konina i Turku są złożami typu pokładowego, wytworzonymi jako osady trzeciorzędowe. Charakteryzują się poziomym lub prawie poziomym zaleganiem. W ich budowie bierze udział jeden, zasadniczy pokład. Nie stanowi on jednak warstwy litej, lecz tworzy pojedyncze odizolowane, mniejsze lub większe, skupienia. Podłoże osadów trzeciorzędowych stanowią skały kredy górnej, wykształcone

w postaci jasnoszarych, szarozielonych i żółtych margli. Nadkład trzeciorzędowy zbudowany jest z iłów, zwanych w literaturze „iłami poznańskimi”. Zaliczane są one do pliocenu. Są to iły plastyczne, miejscami lekko zapiaszczone. Spotyka się wśród nich soczewki i wkładki drobnoziarnistych i pylastych piasków kwarcowych. Osady czwartorzędowe wykształcone są w postaci glin zwałowych, żwirów i piasków oraz mułów.

Eksploatację tych złóż prowadzą **KWB Konin i KWB Adamów**. Zagrożenia geotechniczne, występujące w obydwu kopalniach, mają podobny charakter, z uwagi na sposób zalegania węgla, budowę geologiczną warstw nadkładowych i w tym przypadku szczególnie ważne warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne.

W KWB Konin założono, że osuwiska mogą posiadać charakter strukturalny bądź sufozyjny.

Do głównych czynników warunkujących powstawanie osuwisk strukturalnych zaliczono występowanie:

- powierzchni kontaktu różnych rodzajów gruntu (czwartorzędowych glin zwałowych i iłów trzeciorzędowych; iłów trzeciorzędowych i węgla brunatnego; piasków i glin; piasków i iłów),
- powierzchni zlustrowań w obrębie zaburzonych glaciektonicznie iłów,
- przewarstwień pyłów lub pyłów piaszczystych, tj. gruntów charakteryzujących się szczególnie niskimi wartościami parametrów wytrzymałościowych.

W miejscach występowania zawodnionych soczewek piasków, w obrębie gruntów spoistych mogą rozwijać się osuwiska sufozyjne. Do głównych czynników warunkujących występowanie tego typu osuwisk zaliczono:

- budowę geologiczną zboczy,
- warunki hydrogeologiczne, a w szczególności stan odwodnienia gruntów budujących nadkład złoża,
- wysokość skarp i zboczy,
- generalny kąt nachylenia zboczy,
- występowanie powierzchni kontaktu iłów trzeciorzędowych i glin zwałowych oraz iłów i węgla brunatnego.

W KWB Adamów zarejestrowano w latach od 1990 do 2005 25 znaczących osuwisk.

Wśród najważniejszych czynników, mających wpływ na powstawanie osuwisk, wymienia się:

- procesy osiadania terenu na skutek odwodnienia,
- zjawiska krasowe,
- występowanie sufozji,
- deformowanie się gruntów pod wpływem zmian ich wilgotności (grunty pęczniejące),
- nadmierne zawodnienie skarp i zboczy,
- zjawiska erozji i abrazji,
- właściwości tiksotropowe gruntów pylastych (grunty podlegają upłynnieniu pod wpływem np. drgań pracujących maszyn, urządzeń),
- nachylenie warstw iłów warwowych i pliocenskich konsekwentne do zboczy,
- występowanie w skarpach nieciągłości (szczelinowatości), spękań oraz zwierzelin.

Na uwagę zasługują dwa osuwiska zaistniałe w KWB Konin na zwałowiskach. Jedno na północnym zboczu roboczym zwałowiska wewnętrznego Odkrywki Józwin, powstałe w październiku 2000 roku, a drugie, na zboczu stałym zwałowiska wewnętrznego Odkrywki Kazimierz, które miało miejsce w listopadzie 2002 roku. Kubatura mas ziemnych, znajdujących się w strefie deformacji na zwałowisku Odkrywki Józwin wynosiła ok. 6 mln m³. Towarzyszące procesom osuwiskowym osiadanie poziomego roboczego zwałowarki odbywało się z prędkością dochodzącą do 0,5 m/dobę. Osuwisko na zwałowisku wewnętrznym Odkrywki Kazimierz uruchomiło masy ziemne w ilości ok. 3,5 mln m³. W strefach zagrożonych obu osuwisk znalazły się przenośniki taśmowe, a w Odkrywce Kazimierz także zwałowarka. W obydwu przypadkach ruch osuwających się mas powstrzymano przez uformowanie warstw podpierających. Część prac w Odkrywce Kazimierz wykonywano w trybie akcji ratowniczej.

Ponadto, występowały również osuwiska na zboczach stałych odkrywek, na których powstanie miały wpływ zalegające w nadkładzie utwory plastyczne, tzw. gytie.

Oprócz opisanych wyżej zagrożeń osuwiskowych w kopalniach węgla brunatnego, zaewidencjonowanych i w szerokim zakresie zbadanych, występowały również osuwiska w zakładach górniczych eksploatujących inne kopaliny, w tym kopaliny pospolite. Ogólna ilość zaistniałych osuwisk jest trudna do oszacowania.



Fot. 3. Osuwisko na zboczu stałym odkrywki w KWB Konin
Phot. 3. Landslide at permanent slope of Konin surface mine

Na podstawie przeprowadzonych inspekcji można stwierdzić, że w większości kopalń, szczególnie w tych o najmniejszych rozmiarach i małym wydobywaniu, nie prowadzi się rejestracji osuwisk. Często przypadki zejścia osuwisk ujawniane były dopiero w czasie kontroli zakładów górniczych przez organy nadzoru górniczego. Najczęściej miały one miejsce przy eksploatacji ilów i glin dla potrzeb lokalnego przemysłu ceramiki budowlanej (cegielni) oraz przy eksploatacji kruszyw naturalnych. Interesującym przykładem są zagrożenia geotechniczne, występujące podczas eksploatacji surowców spod lustra wody (kruszywa naturalne, kreda jeziorna). W czasie prowadzenia działalności inspekcyjnej stwierdzano, że zagrożenia osuwiskowe, często grożące zarwaniem i obsunięciem się brzegu zbiornika wodnego, są przez przedsiębiorców niejednokrotnie bagatelizowane. Rozpoznawanie zagrożeń z reguły opiera się tylko na informacjach zawartych w podstawowej dokumentacji geologicznej, sporządzanej przed rozpoczęciem działalności górniczej, w celu uzyskania koncesji.

W większych zakładach górniczych eksploatujących kopaliny pospolite, w 2004 roku zarejestrowano osuwiska, które spowodowały zagrożenia dla ruchu w: Kopalni Diabazu „Niedźwiedzia Góra” – 2 razy w roku, Kopalni Bazaltu „Gracze”, Kopalni „Suków” (eksploatacja kruszywa naturalnego spod lustra wody).

Wszystkie zarejestrowane osuwiska w górnictwie odkrywkowym spowodowały zagrożenia lub utrudnienia dla ruchu zakładu górniczego.

3. Monitoring zagrożeń osuwiskowych i stosowana profilaktyka

Badanie stanu zagrożenia osuwiskowego w górnictwie odkrywkowym jest bardzo zróżnicowane. W większości zakładów górniczych, eksploatujących kopaliny pospolite, bazuje się tylko na rozpoznaniu ujętym w dokumentacji geologicznej. Nie prowadzi się żadnych dodatkowych badań, mających na celu sprecyzowanie budowy geologicznej złoża i przestrzeni, która je otacza, co w efekcie nie daje nowych informacji, niezbędnych do właściwej oceny stanu zagrożenia geotechnicznego. Oczywiście nie w każdym przypadku jest to potrzebne. Gdy złoża są jednorodne i zalegają w sposób ustabilizowany, nie występują zaburzenia tektoniczne i brak jest zagrożeń wodnych, a warstwy nadkładowe cechują się małą miąższością, wtedy można poprzestać na ustaleniach dokumentacji geologicznej.

W rzeczywistości takie sytuacje zdarzają się niestety stosunkowo rzadko.

Diametralnie różne podejście do spraw rozpoznawania zagrożeń geotechnicznych można przedstawić na przykładzie niektórych kopalń eksploatujących złoża kruszywa naturalnego spod lustra wody. W Kopalni Kruszywa Naturalnego „Mietków” w Mietkowie do monitorowania stanu wyrobiska, pod powierzchnią wody zastosowano system GPS. Na bieżąco określa się geometrię i stan skarp pod lustrem wody oraz warunki złożowe. Na podstawie uzyskanych danych można prognozować możliwości wystąpienia zagrożeń geotechnicznych i w razie potrzeb podejmować środki zaradcze. Do określenia bezpieczeństwa geotechnicznego, w szczególności szerokości pasów bezpieczeństwa wzdłuż linii brzegowej, zastosowano naukowe sposoby ich obliczenia. W czasie inspekcji stwierdzano jednak, że w niektórych kopalniach nie prowadzi się żadnych dodatkowych sposobów rozpoznawania zagrożeń osuwiskowych, co więcej eksploatacja prowadzona jest bez wymaganej przepisami dokumentacji, w tym bez projektu technicznego eksploatacji spod lustra wody. W jednej z kopalń takie prowadzenie eksploatacji doprowadziło do obsunięcia się skarpy brzegowej i zatopienia części taśmowego układu transportowego.

Najbardziej zaawansowane systemy monitoringu zagrożeń osuwiskowych, badania tych zagrożeń i prowadzenie działań profilaktycznych stosowane są w kopalniach węgla brunatnego. Jest to poniekąd wymuszone wielkością tych zakładów, wysokim poziomem

występujących zagrożeń, dużą liczbą pracującej załogi oraz poparte stosunkowo dużymi możliwościami finansowymi.

Rozwój technik pomiarowych i systemów komputerowych wykorzystywanych do obsługi danych pozwolił na stworzenie w kopalniach węgla brunatnego, szczególnie w KWB Turów i w KWB Bełchatów, samodzielnych systemów informatycznych ułatwiających archiwizację wyników pomiarów i badań oraz ich przetwarzanie. Systemy te są przede wszystkim wykorzystywane w procesie rozpoznawania złoża i projektowania parametrów geometrycznych wyrobiska.

W KWB Turów funkcjonuje Górniczy System Informatyczny (GSI), którego podstawę tworzą baza danych geologicznych i górniczych oraz trójwymiarowa, numeryczna mapa wyrobisk. Pomiaru geodezyjnej sieci przestrzennej i niwelacyjnej wykonywane są za pomocą nowoczesnych technologii zapewniających wysoką dokładność wyników, w tym technologii satelitarnej GPS i dalmierzy laserowych, sprzężonych z odbiornikami GPS. Odształcenia powierzchniowe odkrywki i zwałowisk kontrolowane są w ramach lokalnych Systemów Kontrolno-Pomiarowych (SKP), które z dużą dokładnością pozwalają obserwować parametry przemieszczeń. Prowadzone są także pomiary przemieszczeń wgłębnych przy użyciu sondy inklinometrycznej, które pozwalają obserwować procesy tworzenia się w górotworze powierzchni poślizgu, już we wczesnym stadium.

W celu badania zmian wytrzymałości gruntów spoistych na zwałowiskach prowadzi się pomiary zmian ciśnień porowych za pomocą czujników instalowanych w korpusach zwałowisk. Ponadto, w celu kreślenia cech fizykomechanicznych gruntów zwałowych wykonuje się badania geostatyczne sondą typu Hyson 200.

Dla oceny zagrożeń naturalnych na etapie projektowania i realizowania robót górniczych w kopalni prowadzona jest na bieżąco cyfrowa mapa zagrożeń naturalnych. Stanowi ona jeden z ważniejszych elementów systemu GSI. Mapa ta generowana jest na podstawie trójwymiarowej mapy wyrobiska i zwałowisk oraz informacji pochodzących z relacyjnej bazy danych. Zawiera niezbędne informacje potrzebne do prognozowania i oceny zagrożeń geotechnicznych, w tym:

- rejonu zagrożone osuwiskami,
- przebiegi uskoków,
- szczeliny i spękania górotworu,
- wpływy wód.

W **KWB Bełchatów** utworzona została cyfrowa dokumentacja złoża, zawierająca komplet informacji geologicznych, hydrogeologicznych, jakościowych i geotechnicznych. Podstawą do sporządzenia tej dokumentacji było utworzenie tzw. Jednolitej Bazy Danych Geologicznych (JBDG), której istnienie sięga początków lat siedemdziesiątych. Baza jest administrowana i aktualizowana przez Poltegor – Instytut we Wrocławiu i Dział Geologiczny KWB „Bełchatów”. Zawiera dane pochodzące z: otworów wiertniczych, kartowań, prób bruzdowych węgla, pomiarów GPS-owych, geotechnicznych, hydrogeologicznych i klimatycznych. Prace związane z bazą danych obejmują trzy grupy zagadnień:

- aktualizację bazy danych o nowe informacje, pochodzące głównie z odwiercanych na bieżąco otworów wiertniczych,
- weryfikację informacji wprowadzonych do bazy danych,
- wykorzystanie informacji zawartych w bazie przy użyciu programów użytkowych.

W kopalni używa się wiele komputerowych programów użytkowych. Jednym z nich jest program „Minescape” firmy Mincom, który pozwolił opracować cyfrowy model stratygraficzny złoża.

Kopalnia posiada wiele projektów i opracowań, w większości wykonanych przez Poltegor-Projekt we Wrocławiu, w których określono między innymi:

- parametry geometryczne skarp i zboczy odkrywki,
- rejonu prognozowanych zagrożeń geotechnicznych.

Zarówno geometria wyrobiska, jak i granice rejonów zagrożeń są w miarę potrzeb weryfikowane, najczęściej przez zlecenie wykonania nowego projektu czy opracowania.

Monitoring zagrożeń geotechnicznych, realizowany w kopalni polega na wykonywaniu:

- powierzchniowych pomiarów geodezyjnych,
- pomiarów wglębnych inklinometrycznych.

Pomiary w inklinometrach wykonuje Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Górniczego w Mysłowicach i przedstawia sprawozdania z przeprowadzonych badań kopalni po zakończeniu każdego ich etapu.

Prowadzi się również badania stanu naprężeń poziomych w głębi górotworu za pomocą poduszek hydraulicznych sondy otworowej Glötzla.

W ramach czynnej profilaktyki w zakresie zwalczania zagrożeń geotechnicznych prowadzona jest, na skarpach stałego zbocza północnego, w rejonie pochylni drogowych

i platform pochylni odstawczych, wymiana gruntów zastoiskowych na grunty piaszczyste, drenaż wód resztkowych, zabezpieczanie przeciwerozyjne skarp elementami komórkowymi typu GEOKRATA. Na zboczu stałym południowym, w niektórych fragmentach, stosuje się jego kształtowanie w dostosowaniu do istniejących powierzchni strukturalnych, odcinkowe łagodzenie nachylenia zbocza, zmianę szerokości półek, pozostawianie przypór gruntowych.

W *KWB Adamów* podjęto próbę sklasyfikowania osuwisk na bazie rozpoznania złoża, sposobu jego zalegania, rodzaju skał podścielających i nadkładowych oraz nabytych w czasie wieloletniej eksploatacji doświadczeń. Jako definicję przyjęto, że osuwiska mogą występować na zboczach lub skarpach w odkrywkach i zwałowiskach wtedy, gdy wzdłuż określonej, ciągłej powierzchni siły ścinające przekroczą wytrzymałość gruntu na ścinanie. Rozróżnienia typów osuwisk dokonano na podstawie klasyfikacji form ruchów mas ziemnych, wg której występują: zmywy, spływy i spęływania, osypy, zsuwy, osuwiska i obrywy.

Na tej podstawie przyjęto podziały osuwisk:

1. Z uwagi na pionowy zasięg osuwiska:

- osuwiska skarpowe,
- osuwiska skarpowo–denne,

2. Rodzaje osuwisk:

- poślizgowe,
- pełzające,
- spływowe.

3. Typy osuwisk:

- powstałe w ośrodku jednorodnym,
- strukturalne,
- sufozyjne.

Przedstawiony wyżej przegląd działań podejmowanych przez kopalnie wobec zagrożeń osuwiskowych nie jest na pewno wyczerpujący. Wiele przedsięwzięć zostało pominiętych. Zwrócono uwagę na wielokierunkowe rozpatrywanie tego zagadnienia i zaznaczenie cech wspólnych.

4. Podsumowanie i wnioski

Zagrożenia osuwiskowe są jednym z najbardziej charakterystycznych zagrożeń w górnictwie odkrywkowym. Występują w mniejszym lub większym stopniu we wszystkich odkrywkowych zakładach górniczych. Liczba tego typu zdarzeń nie jest ujmowana w statystykach obrazujących odkrywkowe wydobywanie kopalin. Różnice w podejściu do tych zagadnień wyraźnie uwidaczniają się na pograniczu dużych zakładów górnictwa odkrywkowego i małych odkrywek. Im mniejsze wyrobisko, tym mniejsze zainteresowanie zagrożeniami geotechnicznymi. Znajduje to odzwierciedlenie w ponoszonych przez przedsiębiorców kosztach i, co jest bardziej znaczące, w poziomie bezpieczeństwa prowadzonych robót górniczych. Wielkość osuwiska nie w każdym przypadku i nie w każdej odkrywkowej kopalni stanowi o stopniu zagrożenia i stratach ekonomicznych. Niekiedy osuwiska o niewielkiej kubaturze mogą spowodować znaczne straty i stworzyć wymierne zagrożenie.

Filozofia przedsiębiorstw eksploatujących węgiel brunatny opiera się na spostrzeżeniu, że dążenie do całkowitego wyeliminowania osuwisk, ze względu na niedoskonałość prognozowania zagrożeń i stosowane technologie, jest w praktyce niemożliwe i nie ma pełnego uzasadnienia ekonomicznego. Preferuje się podejmowanie rozwiązań, które zapewniają stateczność skarp i zboczy w rejonach, gdzie jest to konieczne, z uwagi na lokalizację ważnych obiektów, natomiast w pozostałych miejscach dopuszcza się możliwość wystąpienia osuwisk w ramach ryzyka prowadzonej działalności górniczej. Zakłada się, że większość osuwisk nie spowoduje znaczącego zagrożenia, lecz co najwyżej okresowe utrudnienia w ruchu kopalni. Niestety zdarzały się przypadki, które wymagały natychmiastowego rozpoczęcia akcji ratowniczych i działań zabezpieczających.

Przedstawione wcześniej (w tej pracy) działania poszczególnych kopalń węgla brunatnego w dziedzinie zagrożeń geotechnicznych (osuwiskowych) są zróżnicowane. W celu prognozowania, monitorowania i badania zjawisk osuwiskowych wykorzystano najnowsze metody i techniki. Stosuje się nowoczesną aparaturę kontrolno-pomiarową, wyniki gromadzi się w jednolitych (uporządkowanych) bazach danych, w systemie cyfrowym, opracowanym indywidualnie dla poszczególnych kopalń. Do korzystania z informacji zgromadzonych w bazach danych i ich przetwarzania kopalnie posiadają wiele oprogramowań komputerowych. Możliwe stało się opracowywanie cyfrowych modeli

geologiczno-górnicych, hydrogeologicznych, technologicznych i geotechnicznych złóż, geometrii wyrobisk i zwałowisk, a także symulowanie prognoz rozwoju zagrożeń naturalnych, w tym osuwiskowych, wodnych czy sejsmicznych.

Przy tak dużych możliwościach, jakie daje nowoczesna technika pomiarowa i komputerowa każda z kopalń węgla brunatnego przyjęła indywidualne kierunki ich wykorzystania. Można się w nich dopatrzeć, w części dotyczącej zagrożeń geotechnicznych, wiele elementów wspólnych, takich jak: konieczność prowadzenia pomiarów geodezyjnych, inklinometrycznych, badanie ciśnień porowych czy badania geostaticzne. Dużą wartością są doświadczenia i wiedza specjalistów kopalń w zakresie budowy geologicznej i charakteru zalegania utworów trzeciorzędu i czwartorzędu, w których eksploatuje się większość złóż.

Nasuują się jednak pytania i wątpliwości dotyczące niektórych aspektów planowania eksploatacji. Można dla przykładu postawić pytanie, czy ujęty w przepisach wymóg określania kąta generalnego nachylenia zbocza jest wystarczającym gwarantem uniknięcia zagrożeń osuwiskowych, szczególnie w sytuacji kiedy kąty nachylenia jego poszczególnych części (skarp) znacznie przekraczają tę uśrednioną wartość?

Doświadczenia w dziedzinie rozpoznawania i zwalczania zagrożeń osuwiskowych, zdobyte w trakcie eksploatacji węgla brunatnego, nie są transponowane na inne rodzaje górnictwa odkrywkowego. W małych zakładach górniczych ustalenie podstawowych parametrów geometrycznych wyrobiska takich jak: wysokość skarp i zboczy stałych, ich nachylenie i nachylenie ścian eksploatacyjnych, szerokość poziomów eksploatacyjnych, półek bezpieczeństwa oraz półek i pochylni transportowych, tak aby zachowane było bezpieczeństwo wobec zagrożeń geotechnicznych, stwarza niekiedy poważne problemy. W czasie prowadzonej przez organy nadzoru górniczego działalności inspekcyjnej stwierdzano, że kierownictwo niektórych kopalń podejmowało niekiedy ryzykowne decyzje w zakresie geometrii wyrobiska. Można by się doszukać przykładów, gdzie wysokości ścian eksploatacyjnych (np. przy eksploatacji kruszyw naturalnych, wapieni, piaskowców) przekraczały możliwości techniczne używanych maszyn urabiająco-ładujących. Przy eksploatacji spod lustra wody nie uwzględniano należycie warunków, w jakich może powstać osuwisko (linia brzegowa zbiornika eksploatacyjnego). Z tego powodu wskazane jest dostarczenie tym zakładom skondensowanej i przejrzystej informacji o sposobach i zasadach postępowania w obliczu zagrożeń osuwiskowych.

Czy w obliczu narastającej pogoni za uzyskaniem maksymalnego zysku i wobec słabej wymiany doświadczeń pomiędzy różnymi gałęziami górnictwa odkrywkowego możliwe jest opracowanie kryteriów oceny zagrożeń osuwiskowych?

Do dzisiaj nikt nie podjął się usystematyzowania całości zagadnień dotyczących kryteriów oceny *zagrożeń geotechnicznych i osuwiskowych*. Nie podjęli się tego ani posiadający dużą wiedzę i doświadczenie pracownicy służb geotechnicznych kopalń węgla brunatnego, ani jednostki naukowo-badawcze. Zebranie i przeanalizowanie zdobytych do tej pory doświadczeń, w zakresie zwalczania zagrożeń osuwiskowych, mogłoby w wysokim stopniu podnieść stan bezpieczeństwa geotechnicznego w górnictwie odkrywkowym. Rozpowszechnienie osiągnięć w tym zakresie byłoby z pewnością przychylnie powitane przez eksploatatorów złóż we wszystkich kopalniach odkrywkowych.

Literatura

1. *Poradnik górnictwa odkrywkowego*, praca zbiorowa, Wydawnictwo „Śląsk” 1968.
2. W. Kunert, A. Zdybał: *Zwalczanie zagrożeń w górnictwie odkrywkowym*. Materiały sympozjum zorganizowanego 9 grudnia 1997 r., zamykającego 75 jubileuszowy rok działalności WUG pt. „Zadania urzędów górniczych w świetle aktualnych regulacji prawnych i potrzeb górnictwa”, Katowice–grudzień 1997, ISSN 1230-3631.
3. T. Kaczarewski, D. Milkowski, J. Dymarski, B. Wojnar: *Doświadczenia KWB „Turów” w zapobieganiu osuwiskom na przykładzie zagrożenia na filarze rzeki Nysy Łużyckiej oraz likwidacji i zabezpieczania osuwiska „Świniec” na zwałowisku zewnętrznym przy granicy z republiką Czeską*. IX Międzynarodowe Sympozjum – Geotechnika 2000, Gliwice–Ustroń 17–21 październik 2000.
4. W. Siera, S. Błaszczuk: *Teoria zjawisk osuwiskowych i profilaktyka*, wydawnictwo: „Węgiel Brunatny” Biuletyn Informacyjny Porozumienia Producentów Węgla Brunatnego nr 3 (48) 2004.
5. T. Kaczarewski, M. Sołowczuk: *Sposoby zapobiegania zagrożeniom związanym z eksploatacją złoża węgla brunatnego „Turów”*. Sympozja i Konferencje nr 62 „Problematyka zagrożeń naturalnych w górnictwie węgla brunatnego” – Warsztaty Górnicze, Bełchatów 2–4 czerwca 2004, wydawnictwo: Polska Akademia Nauk, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Kraków 2004.
6. M. W. Jończyk, B. Organiściak: *Zagrożenia naturalne związane z eksploatacją złoża w Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” SA*, Sympozja i Konferencje nr 62 „Problematyka zagrożeń naturalnych w górnictwie węgla brunatnego”–Warsztaty

- Górnice, Bełchatów 2–4 czerwca 2004, wydawnictwo: Polska Akademia Nauk, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Kraków 2004.
7. Z. Kasztelewicz: *Polskie górnictwo węgla brunatnego*, Wydawnictwo: Porozumienie Przedsiębiorców Węgla Brunatnego, Bełchatów–Wrocław 2004.
 8. R. Frankowski, A. Gądek: *Cyfrowy model stratygraficzny złoża węgla brunatnego stworzony przy użyciu programowania górniczego „Minescape” firmy „Mincom”*. IV Międzynarodowy Kongres – Górnictwo Węgla Brunatnego, Bełchatów, 6–8 czerwca 2005, wydawnictwo: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej – Wrocław 2005.
 9. J. Specylak-Skrzypecka, G. Ślusarczyk, A. Bednarz, A. Borowicz, R. Frankowski: *Metody informatyczne w aktualizacji i wykorzystaniu bazy danych geologicznych*. IV Międzynarodowy Kongres – Górnictwo Węgla Brunatnego, Bełchatów, 6–8 czerwca 2005, wydawnictwo: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej – Wrocław 2005.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Mirosław Chudek dr h.c.

Abstract

The paper presents analyses of landslide hazard occurring in surface mining. Article taking into consideration reasons of arise of landslides in relation to geology structure and kind of deposition and also manner of monitoring and examination landslide hazard in particular branch of mining.

The most advanced approach to counteract of landslide hazards take place in brown coal mines which use the latest measurements techniques and computers programs. But there are lack of transfer of gained experiences to others surface mines. Arose questions – do present requirements for projects of excavation geometry are well-grounded? Paper is encouraging to broad discussion about geotechnical hazard, especially landslide hazards in surface mining.