

KATEGORYZACJA REJONÓW ZAGROŻEŃ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH WYDZIELANYCH W KOPALNIACH ODKRYWKOWYCH JAKO NARZĘDZIE PODNOSZĄCE BEZPIECZEŃSTWO EKSPLOATACJI NA PRZYKŁADZIE WYROBISKA POLA SZCZERCÓW

CLASSIFICATION OF GEOTECHNICAL- THREAT AREAS LOCATED IN OPEN-CAST MINES AS A TOOL OF SAFETY OPTIMIZATION OF EXPLOITATION BASED ON EXAMPLE OF SZCZERCÓW FIELD

Iwona Kurpiewska, Agnieszka Wcisło - Biuro Projekt Górniczych i Geologicznych PROGIG Sp. z o.o., Wrocław
Leopold Czarnecki, Michał Jurczuk - PGE GiEK S.A., Oddział KWB Belchatów

W artykule przedstawiono, jak doświadczenia uzyskane w trakcie prowadzenia eksploatacji w Polu Belchatów wykorzystano dla podniesienia bezpieczeństwa prowadzenia robót w Polu Szczerców. Podstawowym założeniem jest fakt, że oba pola zalegają w tej samej strukturze tektonicznej, w związku z czym warunki kształtujące oba pola muszą być zbliżone. W oparciu o dotychczasowe rozpoznanie istnieje zatem możliwość wydzielenia stref potencjalnych zagrożeń na etapie konstrukcji konturu wyrobiska górniczego. Wydzielone potencjalne strefy zagrożeń różnią się od siebie m.in. wielkością, podstawą wydzielenia, skalą zagrożenia, lokalizacją na zboczach o różnym przeznaczeniu, stopniem rozpoznania itp. W celu porównania i oceny wydzielanych stref zagrożeń opracowano dla nich kryteria porównawcze. W przeprowadzonej kategoryzacji rejonów zagrożeń, wydzielone rejonory zagrożeń zostały przeanalizowane pod kątem zagrożenia, jakie stanowić mogą dla ruchu zakładu górniczego, obiektów użyteczności publicznej oraz eksploatacji węgla, a także pod kątem stopnia rozpoznania geologicznego w danym obszarze, ponieważ decyduje on o klasyfikacji rejonu zagrożeń do odpowiedniej kategorii.

Ze względu na stanowiące zagrożenie dla ruchu zakładu górniczego, obiektów użyteczności publicznej, eksploatacji węgla oraz podejmowanych działań zabezpieczających wydzielono 5 kategorii rejonów zagrożeń (I-V). Ze względu na stopień rozpoznania danego rejonu zagrożeń określono 4 stopnie rozpoznania (A-D).

Wraz z postępem eksploatacji i wzrostem stopnia rozpoznania budowy geologicznej, kategoria zagrożenia w poszczególnych rejonach ze względu na zmianę granic zasięgu, skali itp. może się zmieniać. Zmienność wielu czynników w czasie powoduje również, iż same relacje pomiędzy wydzielanymi rejonami mogą się zmieniać.

Wykonanie szczegółowej analizy oraz skategoryzowanie każdego z rejonów, pozwala na odpowiednio wcześniejsze dobranie sposobu i metody minimalizacji zagrożenia. Dla rejonów stwarzających duże zagrożenie (kategoria I, II), zalecane jest wykonanie szeregu prac wyprzedzających prowadzących do zminimalizowania lub wyeliminowania zakładanych deformacji skarp i fragmentów zboczy. Działania te ograniczają możliwość wystąpienia wcześniej nieprognozowanych deformacji wieloskarpowych na zboczach stałych. Prowadzone wyprzedzające prace projektowe, dostosowujące technologię do zaistniałych i przewidywanych warunków geologiczno-inżynierskich oraz wykonywane prace zabezpieczające na udostępnionych odcinkach skarp stałych w rejonach zagrożeń - pomniejszają zasięg i skalę prognozowanych zagrożeń.

Słowa kluczowe: rejonory zagrożeń geotechnicznych, zagrożenia naturalne, bezpieczeństwo eksploatacji

In the paper was shown, how the experiences from Belchatów Field open pit was implemented in case of Szczerców Field for increasing of mine operations safety. The first assumption takes into account that both Fields are located in the same tectonic structure and condition influenced its form must be parallel. On the basis on former recognition, there is possibility to identify the zones of potential risk on the stage of mining excavation design. Distinguished zones are different i.a. in their extend, basis of defining, risk scale, recognition level, location on mining slope type. To compare and evaluate risk zones, comparison criteria were defined. The next step of the research, categorization of risk zone, was essential for assessment of hazards for mining operation, public properties, and geological recognition level, which decided on risk category qualification. For the sake of risk, 5 categories were defined (I-V). For the sake of recognition level, 4 categories were specified (A-D). Parallel with exploitation progress, and increasing of geological recognition level, risk category of defined zones can be changeable. Variability in time of many factors, results also in changes in spatial relations between risk regions.

Appropriate analysis and regions categorization allows for early reaction and selection of efficient way for risk reduction. For high-level risk regions (I, II), it is recommended preparing a set of work leading to minimization or elimination of forecast slope deformation. Proposed methodology reduced also non expected deformation on the stable slopes. Prognosis and design works allow to adapt the exploitation technology to forecast geological-engineering conditions, prepare and complete securing work on the available stable slope section in the risk regions, what result in reduction of scale and risk extent.

Key words: the zones of potential risk geotechnical, natural hazards, safety of exploitation

Wprowadzenie

Pole Szczerców i Pole Belchatów stanowią odpowiednio zachodnią i wschodnią część złoża węgla brunatnego Belchatów, założonego w strukturze tektonicznej Rowu Kleszczowa (rys. 1). W wykształceniu rowu dominującymi elementami tektonicznymi są uskoki brzeżne rowu: północny uskok brzeżny rowu nr 3 i południowy uskok brzeżny rowu nr 1. W środkowej części złoża, w miejscu krzyżowania się kierunków tektonicznych – uskoku przesuwczego Dębina (NW-SE) oraz zespołu uskoku Faustynowa (NE-SW), pomiędzy uskokiemi brzeżnymi rowu nr 1 i nr 3, znajduje się wysad solny Dębina, stanowiący naturalną granicę rozdzielającą oba Pola. Zarówno uskoki brzeżne rowu, jak i struktura wysadu solnego, zaburzają utwory mezozoiczne, a także osady paleogenu, neogenu i czwartorzędu, gdzie obok bardzo intensywnego poddarcia osadów wypełniających rów tektoniczny, obserwuje się również przejawy intensywniej tektoniki uskokowej.

Równoleżnikowa budowa złoża oraz obecność wysadu solnego wymusza eksploatację węgla wzdłuż złoża (w kierunku zachodnim w Polu Belchatów i wschodnim w Polu Szczerców). Efektem tego jest formowanie zbocza północnego i południowego obu wyrobisk w konsekwentnie zalegających w stosunku do zbocza osadach budujących południową i północną ramę rowu. Natomiast docelowe zbocza zachodnie na Polu Belchatów i wschodnie na Polu Szczerców formowane są w niekorzystnych układach strukturalnych wynikających z deformacji osadów przez strukturę wysadu solnego Dębiny.

Elementy budowy geologicznej i warunki geologiczno-inżynierskie wpływające na wydzielenie rejonów zagrożeń geotechnicznych

Eksploatacja złoża o takiej budowie geologicznej niesie za sobą ryzyko występowania na zboczach stałych różnego rodzaju deformacji skarp i poziomów górniczych oraz fragmentów

zboczy (osuwiska), które w wyniku udostępniania kolejnych poziomów eksploatacyjnych powodują naruszenie dotychczas istniejącego stanu równowagi, a tym samym naruszenie stateczności górotworu.

Uzyskane doświadczenia w toku prowadzenia eksploatacji w wyrobisku Pola Belchatów, wskazują, że na etapie konstrukcji geometrii poszczególnych zboczy istnieje możliwość wydzielenia potencjalnych stref zagrożeń. Najważniejszymi elementami budowy geologicznej oraz warunków geologiczno-inżynierskich wpływającymi na wydzielenie takich stref, a tym samym wpływającymi na stateczność zboczy wyrobisk są:

- elementy litologiczne – obejmujące właściwości geomechaniczne gruntów, obecność odmian litologicznych o relatywnie słabych własnościach wytrzymałościowych, szczególnie w strefach niekorzystnych układów strukturalnych,
- elementy strukturalne – obejmujące budowę geologiczną złoża i nadkładu, a w szczególności obecność elementów strukturalnych niekorzystnych z punktu widzenia warunków stateczności zboczy jakimi są konsekwentne upady oraz wszelkiego rodzaju zaburzenia tektoniczne,
- warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne – obejmujące oddziaływanie wód (wód resztkowych uwięzionych w górotworze wód oraz tzw. wód bliskiego krążenia, pochodzących z infiltracji wód powierzchniowych i opadowych) w postaci uplastyczniania gruntów i dodatkowego obciążenia zboczy,
- procesy odprężeniowe – pojawiające się wskutek naruszenia stanu równowagi naprężeń rezydualnych w górotworze w wyniku eksploatacji i odwodnienia.

Metodyka wyznaczania granic potencjalnych rejonów zagrożeń na zboczach stałych

Granice potencjalnych rejonów zagrożeń wyznacza się w oparciu o szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej



Rys. 1. Przebieg głównych struktur tektonicznych w rejonie złoża węgla brunatnego Belchatów
Fig. 1. The course of major tectonic structures in the region of Belchatów lignite deposit

przedstawionej na przekrojach i mapach geologicznych. Przekroje przecinają złożę w siatce po liniach dokumentacyjnych prowadzonych co około 200 m. W szczególnych przypadkach zakładane są również przekroje skośne i promieniste (w zależności od analizowanego zbocza i struktury), które wspólnie tworzą spójny model przestrzennej budowy geologicznej. Wykonywane są one w skali 1:1000 ze szczegółowością umożliwiającą dokładną analizę, nawet warstw o miąższości do 0.5 m. Budowa geologiczna na przekrojach przedstawiona jest na tle aktualnej oraz docelowej geometrii wyrobisk, w stosunku do której wykonuje się analizę wykształcenia strukturalnego. W szczególności zwraca się uwagę na obecność w konturze osadów o niskich wartościach parametrów fizyko-mechanicznych, np. osadów zastoiskowych, jak również na nachylenie warstw, nachylenie stropu utworów mezozoicznych, obecność przewarstwień ilastych oraz ich rozmieszczenie w planie, kąt poddarcia węgla, obecność dyslokacji tektonicznych oraz zaburzeń fałdowych. Niekorzystny układ strukturalny stwierdzony na kilku przekrojach analizuje się pod kątem przebiegu powierzchni poślizgu oraz jej wyjścia w konturze zbocza. Powierzchnia poślizgu znaleziona dla każdego rozpatrywanego przypadku pozwala wnioskować o zasięgu strefy zagrożenia. Strefę tę przedstawia się na mapie powierzchniowej prognozowanej budowy geologicznej, na tle docelowej geometrii zbocza.

Dla wybranych przekrojów, gdzie odcinkowo zbocze uznane zostało za niestateczne, wykonuje się obliczenia współczynnika stateczności F (współczynnika bezpieczeństwa). Wieloletnie doświadczenie z zakresu obliczeń stateczności dla skarp wyrobiska Pola Bełchatów, w których wykorzystywane zwykle są parametry resztkowe, pozwalają przyjąć za stateczny odcinek zbocza, dla którego wartość $F = 1.2$, a niekiedy nawet i 1.1. Niekiedy przekroje, dla których wyniki obliczeń wykazują współczynnik stateczności powyżej 1.2 zaliczane są do rejonu zagrożeń, ze względu na oddziaływanie struktury i wyniki obliczeń z przekrojów sąsiednich.

W opracowaniu [2] przyjęto, że dla skarp i zboczy stałych (i okresowo stałych) w wyrobisku Pola Bełchatów współczynnik stateczności F powinien być nie mniejszy od 1.3 do 1.5, po przyjęciu do obliczeń parametrów uważanych za parametry trwałego oporu ścinania, tj. parametrów resztkowych (rezydualne), natomiast dla skarp roboczych przyjęto współczynnik stateczności $F=1.1$. W praktyce odstępowano od tych zasad, w niektórych rejonach zboczy stałych, uznając, że współczynnik stateczności już na poziomie 1.1 – 1.2 daje gwarancję utrzymania stateczności zbocza, do czasu podparcia go zwałowiskiem wewnętrznym, zwłaszcza, jeśli do obliczeń tego współczynnika przyjmowano parametry gruntów określone w warunkach zawodnionej powierzchni ścinania.

Granice rejonów zagrożeń mogą ulegać zmianie w czasie na podstawie:

- uszczegółowienia budowy geologicznej (nowe otwory, obserwacje terenowe),
- wyników pomiarów sieci geodezyjnej (inklinometri i repéry),
- zaobserwowanych deformacji powierzchni skarp,
- zmiany geometrii zbocza.

Nazwy rejonów zagrożeń (np. VIII) wynikają z kolejności ich odsłaniania na poszczególnych zboczach, a indeks literowy (np. S) oznacza zbocze, na którym rejon został wydzielony.

W oparciu o analizę rozpoznania budowy geologicznej złoża Bełchatów na zboczach stałych wyrobisk wydzielono

łącznie 75 rejonów zagrożeń oraz strefę A, z czego 43 rejonu zagrożeń zlokalizowane są w wyrobisku Pola Bełchatów, a 32 i strefa A - w wyrobisku Pola Szczerców.

Kategoryzacja rejonów zagrożeń

Znaczna ilość rejonów zagrożeń wydzielanych na zboczach stałych wyrobiska Pola Bełchatów i Pola Szczerców, wymusiła potrzebę ich grupowania, celem podjęcia podstawowych działań profilaktycznych już w fazie projektowania geometrii wyrobiska. W tym celu, każda z wydzielanych stref analizowana jest pod kątem zagrożenia, lokalizacji i zasięgu na zboczach o różnym przeznaczeniu, stopnia rozpoznania oraz czasu prognozowanego rozwoju deformacji. Wydzielone rejonu mogą być klasyfikowane ze względu na zagrożenie przy użyciu różnorodnych kryteriów jego oceny np.: wielkości wydzielonego rejonu, potencjalnych zagrożeń dla pracy ludzi i sprzętu, strat w infrastrukturze kopalni, strat w zasobach, utrudnień w dalszej eksploatacji, nakładów i czasu związanego z ograniczeniem bądź likwidacją potencjalnych osuwisk.

Różnorodność rozpatrywanych czynników klasyfikacyjnych oraz trudności w ocenie ich ważności zmuszają do takiego uproszczenia zasad klasyfikacyjnych, aby ograniczyć pole dowolności i niejednorodności stosowanym podziałom. Prosty system klasyfikacji minimalizuje błąd oceny i tym samym obiektywizuje stosowaną klasyfikację.

Po analizie wszystkich kryteriów (parametrów, czynników) opisujących zagrożenia w wydzielanych rejonach oraz po analizie stosowanych klasyfikacji służących do opisu zagrożeń związanych z osuwiskami, zdecydowano się na klasyfikację dwustopniową – opartą o skalę prognozowanego zagrożenia oraz stopień rozpoznania budowy geologicznej (czyli stopień rozpoznania prognozowanego zagrożenia). Skala prognozowanego zagrożenia wyraża się opisowym uszeregowaniem „potencjalnych strat, utrudnień i komplikacji” związanych z rozwojem osuwiska w wyznaczonym rejonie zagrożeń.

Do największych zagrożeń związanych z rozwojem osuwisk według ważności zaliczono:

- rozwój osuwisk na zboczach transportowych stanowiących zagrożenie dla pracy ludzi i sprzętu, przerywających pracę układu KTZ i wstrzymujących dostawę węgla do elektrowni bez względu na wielkość,
- rozwój osuwisk na wszystkich zboczach stanowiących zagrożenie dla pracy ludzi i sprzętu, wykraczających poza górną krawędź wyrobiska oraz dodatkowo stanowiących zagrożenie dla bezpieczeństwa powszechnego oraz obiektów użyteczności publicznej zlokalizowanych na powierzchni terenu bez względu na wielkość,
- rozwój osuwisk stanowiących zagrożenie dla pracy ludzi i sprzętu, powstających w obrębie wyrobiska, generujących straty w zasobach węgla jak i powodujących okresowe utrudnienia i komplikacje w funkcjonowaniu kopalni oraz stanowiących zagrożenie dla obiektów systemu odwodnienia powierzchniowego i wgłębnego, zasilania elektrycznego oraz obiektów komunikacyjnych bez względu na wielkość,
- rozwój osuwisk stanowiących zagrożenie dla pracy ludzi i sprzętu powstających w obrębie wyrobiska oraz stanowiących zagrożenie dla obiektów systemu odwodnienia powierzchniowego i wgłębnego, taśmociągów nadkładowych, zasilania elektrycznego oraz obiektów komunikacyjnych

- bez względu na wielkość,
- rozwój osuwisk nie stanowiących zagrożenia dla pracy ludzi i sprzętu, jednokarpowych na zboczach transportowych bądź jednokarpowych lub dwuskarpowych na zboczach nie transportowych, nie stanowiących istotnych zagrożeń dla obiektów odwodnienia powierzchniowego i wglębnego, zasilania elektrycznego oraz obiektów komunikacyjnych.

Wraz z dokładnością rozpoznania budowy geologicznej i skali zagrożenia w wyznaczonych rejonach wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia. Przejawia się to zakresem podjętych działań zmierzających do ograniczenia lub eliminacji prognozowanego zagrożenia. W wyniku podjętych działań zapobiegawczych skala zagrożenia w wyznaczonych rejonach maleje. W przypadku zastosowania bardzo skutecznych środków zapobiegawczych występujące zagrożenie może być skutecznie wyeliminowane.

Biorąc pod uwagę powyższe kryteria, ze względu na stanowiące zagrożenie dla ruchu zakładu górniczego, obiektów użyteczności publicznej, eksploatacji węgla oraz podejmowanych działań zabezpieczających wydzielono 5 kategorii rejonów zagrożeń (I-V):

I kategoria - obejmuje ona rejon o największej skali zagrożenia, tj.: zagrożenia dla górnych krawędzi wyrobisk i obiektów użyteczności publicznej zlokalizowanych poza wyrobiskiem, zagrożenia związane z przerwaniem pracy taśmociągów węglowych, zagrożenia związane z przerwaniem eksploatacji węgla na dłuższy czas oraz ograniczeniem dostaw węgla do elektrowni,

II kategoria - obejmuje ona rejon o średniej skali zagrożenia, tj.: zagrożenia dla ważnych obiektów odwodnienia powierzchniowego i wglębnego, zagrożenia związane z przerwaniem pracy taśmociągów nadkładowych, zasilania elektrycznego oraz obiektów komunikacji, jak również zagrożenia związane z okresowym wstrzymaniem eksploatacji węgla,

III kategoria - obejmuje ona rejon o małej skali zagrożenia,

tj. zagrożenia stanowiące utrudnienia dla ruchu zakładu górniczego,

IV kategoria - obejmuje ona rejon wydzielone początkowo w kategorii I, II, III, w których przeprowadzono prace zabezpieczające, w wyniku których nastąpiła znaczna poprawa warunków stateczności, lecz zagrożenie w pełni nie zostało wyeliminowane,

V kategoria - obejmuje ona rejon wydzielone początkowo w kategorii I, II, III, bądź IV, w których przeprowadzono skuteczne prace zabezpieczające bądź likwidacyjne w związku z rozwojem osuwiska, w wyniku których występujące zagrożenie w pełni zostało wyeliminowane.

Ze względu na stopień rozpoznania danego rejonu zagrożeń określono 4 stopnie rozpoznania (A-D).

Stopień rozpoznania A - słaby stopień rozpoznania (rozpoznanie pojedynczymi otworami dokumentacyjnymi lub hydrogeologicznymi),

Stopień rozpoznania B - średni stopień rozpoznania, (rozpoznanie w pełnych liniach dokumentacyjnych oraz otworami hydrogeologicznymi),

Stopień rozpoznania C - dobry stopień rozpoznania (kartowania terenowe nad rejonem zagrożeń, pełne rozpoznanie wiertnicze, w tym otworami typu B),

Stopień rozpoznania D - bardzo dobry stopień rozpoznania (kartowania terenowe oraz pełne rozpoznanie otworami wiertniczymi).

W 2012 r. na zboczach stałych wyrobiska Pola Szczerców wyznaczono łącznie 32 rejonów zagrożeń oraz strefę A (rys. 2), z czego:

- 14 rejonów zagrożeń zaklasyfikowano do I kategorii zagrożenia,
- 6 rejonów zagrożeń zaklasyfikowano do II kategorii zagrożenia,

Tab. 1. Klasyfikacja rejonów zagrożeń na zboczach stałych wyrobiska Pola Szczerców wg kategorii zagrożenia i rozpoznania.

Tab. 1. Classification of risk areas on the slopes of the Szczerców Field by category of risk and level of recognition.

Lp.	Zbocze stałe zachodnie		Zbocze stałe północne		Zbocze stałe południowe		Zbocze stałe wschodnie	
	Rejon zagrożenia	Kategoryzacja	Rejon zagrożenia	Kategoryzacja	Rejon zagrożenia	Kategoryzacja	Rejon zagrożenia	Kategoryzacja
1.	IIW	II _C	IN	I _C	IS	I _C	IVE	I _B
2.	IIIW	III _D	IIN	I _B	IIS	I _C	IIIE	II _B
3.	IVW	III _C	IVN	I _B	VIIS	I _B	IE	III _B
4.			VN	I _B	VIIIS	I _A	IIIE	III _A
5.			VIN	I _B	IXS	I _B	VE	II _B
6.			VIIIN	I _B	IIIS	III _B		
7.			IXN	I _B	IVS	III _C		
8.			XN	I _B	VS	III _D		
9.			XIIN	II _A	VIS	III _B		
10.			IIIN	III _B	XIS	III _A		
11.			VIIN	III _B	XIIS	III _A		
12.			XIN	III _A	XIIIS	II _A		
13.					strefa A	II _B		

- 13 rejonów zagrożeń zaklasyfikowano do III kategorii zagrożenia.

Wraz z postępem eksploatacji i wzrostem stopnia rozpoznania budowy geologicznej, kategoria zagrożenia w poszczególnych rejonach może ulegać zmianie.

Zasady postępowania zabezpieczającego w wydzielonych kategoriach rejonów zagrożeń

Wydzielone na skarpach zboczy stałych rejonów zagrożeń, zwłaszcza kategorii I, II i III, wymagają określenia niezbędnych zasad i wytycznych do projektowania oraz opracowania zasad postępowania rozpoznawczego i zabezpieczającego, których nadrzędnym celem jest minimalizacja prognozowanego zagrożenia.

Zakres i sposób podjętych przeciwdziałań uzależniony jest od kategorii (skali) prognozowanego zagrożenia oraz od kategorii (stopnia) rozpoznania budowy geologicznej w prognozowanym rejonie zagrożenia.

Jednym z istotnych kryteriów decydujących o zakresie podejmowanych działań jest pewność, co do prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia. Aktualny sposób prognozowania rejonów zagrożeń oraz duży stopień ich sprawdzalności, skłania do stwierdzenia, iż rozpoznanie budowy geologicznej w prognozowanych rejonach w kategorii B, C i D z reguły potwierdza wstępnie prognozowane zagrożenie. Jedynie rozpoznanie rejonów w kategorii A uznać należy za niewystarczające do podejmowania zdecydowanych przeciwdziałań minimalizujących prognozowane zagrożenie.

Największe zagrożenie dla ruchu zakładu górniczego stanowią rejonów zagrożeń I i II kategorii, które wydzielone zostały w strefach predysponowanych do wystąpienia dużych osuwisk strukturalnych. W rejonach tych stosować należy największą liczbę obostrzeń w zakresie zasad i wytycznych do projektowania. Zakres obostrzeń w rejonach kategorii III zależeć będzie od jego lokalizacji, skali zagrożenia oraz stopnia odsłonięcia.

Zasady projektowania i postępowania w wydzielonych rejonach zagrożeń kategorii I.

Rozpoznanie.

Dla rejonów kategorii I niezbędne jest dokładne rozpoznanie budowy geologicznej otworami wiertniczymi w celu jednoznacznego potwierdzenia występowania zagrożenia (rozpoznanie w kategorii B, C, D). Rozpoznanie wiertnicze powinno zostać wykonane z odpowiednim wyprzedzeniem. Do momentu zapewnienia lepszego rozpoznania w rejonach w kategorii A wstępnie należy unikać lokalizacji ważnych obiektów dla ruchu zakładu górniczego. Dokładne rozpoznanie rejonu pozwoli na wybranie odpowiedniej metody i sposobu zabezpieczenia, które z punktu widzenia możliwości wykonawczych i warunków ekonomicznych jest najbardziej zasadne.

Odwodnienie.

W obszarze rejonu, w celu minimalizacji zagrożenia, w zależności od potrzeb, prowadzić należy odwodnienie wgłębne i powierzchniowe. Szczególne znaczenie ma odwodnienie struktur synklijalnych gromadzących wodę oraz powierzchni poślizgu.

Obiekty odwodnienia powierzchniowego powinny być wykonane w wersjach uszczelnionych.

W celu zapobiegania infiltracji wód powierzchniowych wgłąb zbocza należy likwidować wszelkie szczeliny powstałe na zboczu.

Przeprojektowanie konturu.

Jedną z ekonomicznie uzasadnionych i bardziej skutecznych metod polepszania stateczności jest zmiana konturu zbocza, jeszcze na etapie projektowania przed jego uformowaniem. Zmiana konturu zbocza polegać powinna na zmianie kształtu zbocza poprzez odcinkową zmianę kąta nachylenia zbocza, zmianę wysokości i kąta nachylenia skarp, zmianę szerokości poziomów itp. Ostateczna decyzja o przeprojektowaniu konturu powinna być poprzedzona dodatkowym rozpoznaniem potwierdzającym kategorię zagrożenia.

Poprawę stateczności uzyskać można również poprzez zmiany w konturze polegające na odciążeniu górnych partii zbocza lub podparciu dolnych przyporą gruntową lub zwałem. Metoda ta jest jednak kosztowna i wprowadza szereg utrudnień w funkcjonowaniu ruchu zakładu górniczego oraz posiada szereg ograniczeń, może również powodować straty w węglu.

Przebudowa uformowanego zbocza wprowadza szereg ograniczeń, których realizacja może nie w pełni zminimalizować prognozowane zagrożenia. Ponadto wymaga ona większych nakładów finansowych.

Sposób eksploatacji.

Jednym ze sposobów minimalizujących prognozowane zagrożenie jest sposób i tempo eksploatacji. Dobór sposobu eksploatacji w prognozowanych rejonach zagrożeń możliwy jest na etapie projektowym przed odsłonięciem rejonu, jak i po częściowym odsłonięciu rejonu. Eksploatacja taka zapewnia powolne odprężenie górotworu oraz uniemożliwia wykształcenie się zdeterminowanej powierzchni poślizgu. Taki sposób eksploatacji prowadzony w dolnych partiach odsłoniętych rejonów zagrożeń powinien być prowadzony ze szczególną ostrożnością, powiązaną z obserwacją przejawów deformacji powierzchniowych (repery), zwłaszcza w okresie zbliżania się do przecięcia konturu zbocza z powierzchnią poślizgu oraz w rejonach w obrębie rowu II rzędu, gdzie należy spodziewać się silnego odprężenia węgla.

W rejonach, gdzie zagrożone skarpy zbudowane są z węgla, rozpatrzyć należy eksploatację z równoczesnym podpieraniem zwałem. Metoda ta odznacza się, jak wykazują doświadczenia z wyrobiska Pola Bełchatów, dużą skutecznością, przy czym nie powoduje ona strat w węglu.

Ograniczenia w lokalizacji obiektów infrastruktury kopalnianej.

W rejonach I kategorii zagrożeń nie należy lokalizować obiektów ważnych dla ruchu zakładu górniczego, t.j.: pompowni i przepompowni, pochylni transportowych, taśmociągów, tras komunikacyjnych, słupów i linii wysokiego napięcia, stacji transformatorowych, kanałów odwodnieniowych, rzapi, piaskowników, studni i piezometrów, itp.

Wokół wydzielonych rejonów zagrożeń kat. I wyznaczyć należy pasy ochronne, w których również powinno się unikać lokalizowania ważnych obiektów. W związku z tym, że granice wydzielanych rejonów zmieniają się w miarę uściślenia budowy geologicznej szerokość pasów powinna być uzależniona od stopnia rozpoznania. Z doświadczeń uzyskanych w toku dotychczasowej eksploatacji wynika, iż minimalna szerokość pasa powinna wynosić ok. 100 m.

Monitoring

W rejonach I kategorii, wraz ze stopniem odsłonięcia zbocza, niezbędne jest rozwijanie monitoringu sieci powierzchniowej i wgłębnej. Na odciętych fragmentach zbocza instalowane powinny być repery oraz inklinometry obserwujące

przemieszczenia wzdłuż prognozowanej powierzchni poślizgu. Sieć monitoringu powinna być zakładana nawet jeśli wykonane zostały korekty w projektowanym konturze zbocza mające polepszyć stateczność w tym obszarze.

W rejonach I kategorii zagrożenia niezbędne jest również prowadzenie systematycznych obserwacji terenowych, ze szczegółowym kartowaniem wychodni geologicznych oraz deformacji na skarpach zbocza (szczeliny, uskoki, powierzchnie nasunięć itp.).

Na zasadzie analogii do osuwiska 22S powstałego w wyrobisku Pola Bełchatów, dla podejmowanych działań zabezpieczających w rejonach obejmujących osady kompleksu węglowego, dla poszczególnych stadiów rozwoju procesu osuwiskowego przyjmować należy następujące wartości przemieszczeń [1]:

- poziome przemieszczenia inicjacyjne – poniżej 1,0 m,
- poziome przemieszczenia ostrzegawcze – 1,5 m,
- poziome przemieszczenia krytyczne – 2,0 m.

Na zasadzie analogii do osuwiska 24S powstałego w wyrobisku Pola Bełchatów, dla podejmowanych działań zabezpieczających w rejonach obejmujących osady nadkładu, dla poszczególnych stadiów rozwoju procesu osuwiskowego przyjmować należy następujące wartości przemieszczeń [1]:

- poziome przemieszczenia inicjacyjne – poniżej 40 mm,
- poziome przemieszczenia ostrzegawcze – ok. 100 mm,
- poziome przemieszczenia krytyczne – 200 mm,
- całkowite przemieszczenia inicjacyjne – powyżej 70 mm,
- całkowite przemieszczenia ostrzegawcze – ok. 150 mm,
- całkowite przemieszczenia krytyczne – 250 mm.

Dla podejmowania decyzji o charakterze ruchowym istotna jest znajomość prędkości chwilowych, określanych w cyklach pomiarowych. Dla oceny stopnia zagrożenia przyjęto następujące wartości prędkości chwilowych:

- prędkość inicjacyjna – 8 – 14 mm/dobę,
- prędkość ostrzegawcza – do 20 mm/dobę,
- prędkość krytyczna – ≥ 30 mm/dobę.

Zasady projektowania i postępowania w wydzielonych rejonach zagrożen kategorii II.

Rozpoznanie.

Dla rejonów kategorii II rozpoznanie budowy geologicznej może być oparte na otworach wierconych w ramach otworów odwodnieniowych, obserwacyjnych, złożowych czy też geologiczno-złożowych. Należy zwrócić uwagę przy projektowaniu ich lokalizacji oraz głębokości, by informacje jakie dostarczą dane z wiercenia były przydatne do uszczegółowienia prognozowanej budowy geologicznej w danym rejonie. Stan wiedzy o danym rejonie powinien być aktualizowany o systematycznie prowadzone obserwacje terenowe.

Odwodnienie.

W obszarze rejonu, w celu minimalizacji zagrożenia, w zależności od potrzeb, prowadzić należy odwodnienie wgłębne i powierzchniowe. Szczególne znaczenie ma odwodnienie struktur synklinalnych gromadzących wodę oraz powierzchni poślizgu. Obiekty odwodnienia powierzchniowego powinny być wykonane w wersjach uszczelnionych.

Skuteczne osuszanie zbocza bezpośrednio wpływa na poprawę parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów budujących zbocze.

Przeprojektowanie konturu i dobór sposobu eksploatacji

Rejony kategorii II wydzielone zostały na odcinkach zbocza, w których prognozuje się wystąpienie dużych osuwisk

strukturalnych zajmujących 2, 3 lub więcej skarp górniczych. Dobór sposobu i metod zabezpieczania w tych rejonach zależeć będzie od określenia zagrożenia, jakie stanowić będzie ono dla ruchu zakładu górniczego. Podobnie jak dla kategorii I, poprawienie stateczności, jeśli jest to konieczne i uzasadnione ekonomicznie, najlepiej uzyskać poprzez wprowadzenie odpowiednio wcześniej zmian w konturze zbocza oraz zastosowanie sprawdzonych metod polepszania stateczności zbocza jeszcze na etapie projektowania, przed jego uformowaniem, a po częściowym odsłonięciu.

Zmiana konturu zbocza polegać powinna na zmianie kształtu zbocza poprzez odcinkową zmianę kąta nachylenia zbocza, zmianę wysokości i kąta nachylenia skarp, zmianę szerokości poziomów itp.

Poprawę stateczności uzyskać można również poprzez zmiany w konturze polegające na odciążeniu górnych partii zbocza lub podparciu dolnych przyporą gruntową lub zwałem. Metoda ta jest jednak kosztowna i wprowadza szereg utrudnień w funkcjonowaniu ruchu zakładu górniczego oraz posiada szereg ograniczeń, może również powodować straty w węglu.

W częściowo odsłoniętym rejonie zagrożen zaleca się dobór odpowiedniego sposobu i tempa eksploatacji, które zapewni powolne odprężenie górotworu oraz ograniczy wykształcanie się zdeterminowanej powierzchni poślizgu.

Na odcinkach zbocza, dla których polepszanie jego stateczności dużym nakładem kosztów jest nieuzasadnione, istnieje możliwość dopuszczenia do powstania deformacji zbocza. W takiej sytuacji niezbędne jest zachowanie wszelkich środków ostrożności, zwłaszcza w trakcie odsłaniania powierzchni poślizgu.

Ograniczenia w lokalizacji obiektów infrastruktury kopalnianej.

W rejonach kategorii II nie należy lokalizować obiektów ważnych dla ruchu zakładu górniczego (zbiorniki i budynki pompowni i przepompowni, węzły transportowe itp.), Wokół wydzielonych rejonów zagrożen kategorii II wyznaczyć należy pasy ochronne, w których również powinno się unikać lokalizowania ważnych obiektów. W związku z tym, że granice wydzielanych rejonów zmieniają się w miarę uściślenia budowy geologicznej, szerokość pasów powinna być uzależniona od stopnia rozpoznania. Z doświadczeń uzyskanych w toku dotychczasowej eksploatacji wynika, iż minimalna szerokość pasa powinna wynosić ok. 100 m.

Monitoring

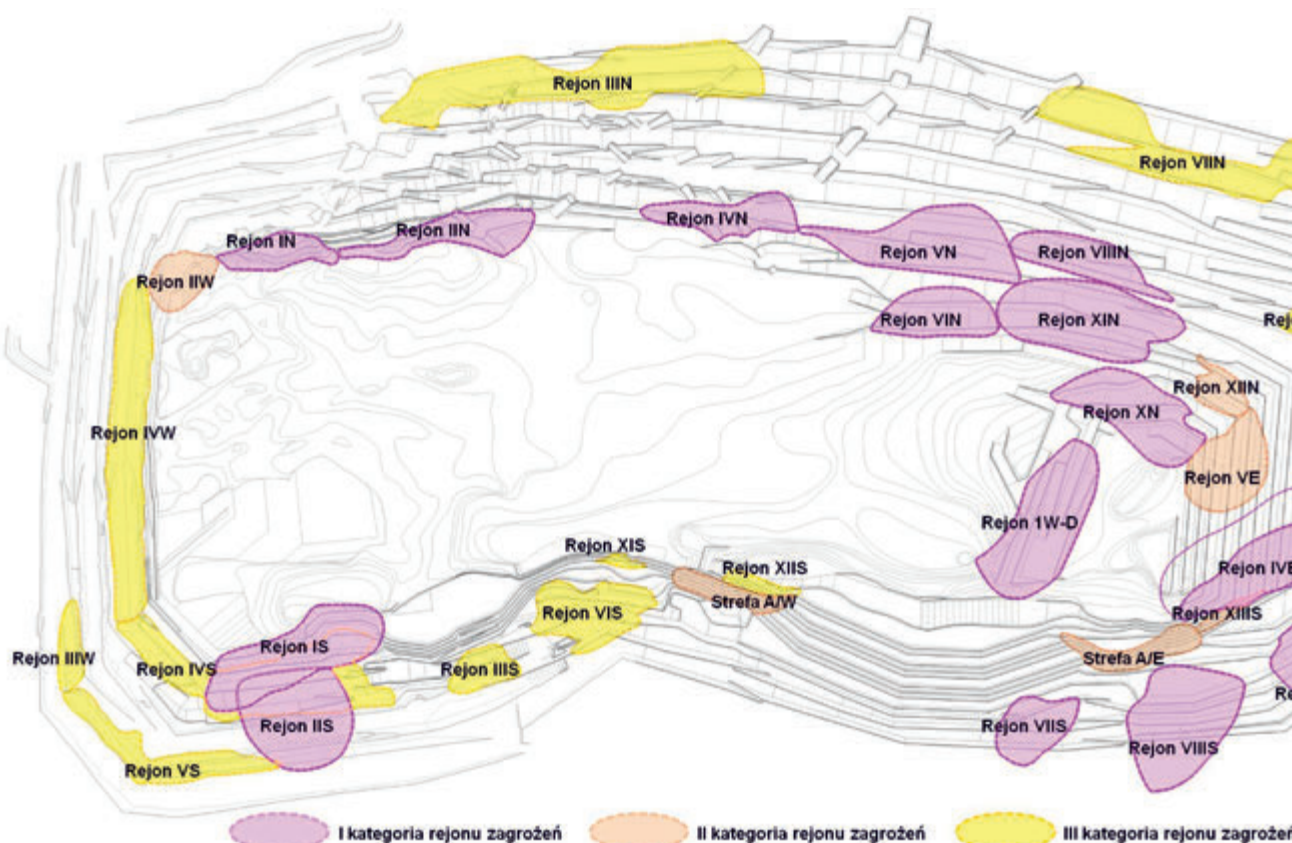
W rejonach kategorii II wraz z postępowaniem odsłaniania zbocza należy rozbudowywać sieć pomiarową przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych oraz prowadzić systematyczne obserwacje terenowe. Pozwolą one na ocenę bezpieczeństwa pracy i eksploatacji w danym rejonie.

Zasady projektowania i postępowania w wydzielonych rejonach zagrożen kategorii III.

Rejony kategorii III obejmują zwykle swym zasięgiem do 3 skarp górniczych i związane są z występowaniem odmian litologicznych o słabych parametrach geologiczno-inżynierskich, takich jak osady zastoiskowe, iły zielone, iły zielone z wprysnięciami białej substancji wapnistej, odwrócone następstwa warstw oraz z pozostawionymi na stropie podłoża „przyklejonych” osadów trzeciorzędu.

Minimalizacja zagrożen w tych rejonach polegać będzie na:

- unikaniu lokalizacji w tych obszarach pompowni i przepompowni, rzepi, piaskowników, studni, piezometrów, po-



Rys. 2. Mapa rozmieszczenia wydzielonych rejonów zagrożeń na zboczach stałych wyrobiska Pola Szczerców wg przypisanej kategorii zagrożenia
Fig. 2. Map of determined geotechnical threat on the slopes of Szczerców Field by the risk category

chylni transportowych, słupów i linii wysokiego napięcia, stacji transformatorowych, itp.;

- odwodnieniu – powierzchniowym (rowy, kanały) i wgłębnym (studnie, otwory kierunkowe), obiekty odwodnienia powierzchniowego powinny być wykonane w wersjach uszczelnionych.

Poprawę stateczności w tych rejonach można osiągnąć poprzez:

- częściową wymianę gruntów
- wybieranie osadów zastoiskowych,
 - wybieranie zaburzonych osadów (struktury paleosu-wiskowe, odwrócone osady Q i Tr),
 - dobieranie poddartych i przyklejonych osadów trzeciorzędu do podłoża mezozoicznego
- zmianę geometrii skarp,
 - złagodzenie skarp np. do nachylenia 1:3,
 - przeprojektowanie konturu zbocza, ze względu na pozostawienie węgla w strefach przyskokowych,
- zastosowanie przypór gruntowych (z piasku, żwiru czy gruzu).

Całkowita wymiana gruntów połączona ze złagodzeniem kąta nachylenia skarp powinna być wykonana dla rejonów zlokalizowanych na zboczach transportowych oraz w rejonie przełożenia rzeki Krasowej.

Podobnie jak dla rejonów kat. I i II, w rejonach kat III, w zależności od potrzeb, przewidzieć należy system monitoringu powierzchniowego i wgłębnego oraz prowadzić obserwacje terenowe.

Zasady postępowania zabezpieczającego w wydzielonych rejonach zagrożeń kategorii IV.

W rejonach kategorii IV zostały przeprowadzone prace zabezpieczające, w wyniku których nastąpiła znaczna po-

prawa warunków stateczności, lecz zagrożenie w pełni nie zostało wyeliminowane, dlatego konieczne jest prowadzenie pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych, aż do momentu przeklasyfikowania danego rejonu do kategorii V. W rejonach tych zaleca się także prowadzenie systematycznej wizji terenowej.

Prace zabezpieczające w tych rejonach polegać powinny na:

- odwodnieniu powierzchniowym i wgłębnym odcinka zbocza (obiekty odwodnienia powierzchniowego powinny zostać wykonane w wersjach uszczelnionych),
- zabezpieczeniu istniejących skarp przed erozją,
- w rejonach osuwiskowych, zapobieganiu infiltracji wód wgłąb zbocza poprzez likwidowanie odtwarzających się szczelin,
- w rejonach osuwiskowych, odciążaniu lub dociążaniu zagrożonych odcinków zbocza poprzez przesuwanie mas koluwiów lub przesuwaniu ich w obszary stateczne.

W rejonach tych, do momentu przeklasyfikowania ich do kategorii V, nie zaleca się lokalizowania obiektów infrastruktury ważnych dla ruchu zakładu górniczego.

Zasady postępowania zabezpieczającego w wydzielonych rejonach zagrożeń kategorii V.

Rejony kategorii V są to rejony, w których przeprowadzono skuteczne prace zabezpieczające bądź likwidacyjne w związku z rozwojem osuwiska, w wyniku których występujące zagrożenie w pełni zostało wyeliminowane. Kategoria ta obejmuje również rejony, w których prognozowane zagrożenie nie zostało potwierdzone w całym rejonie. Rejony te nie wymagają stosowania dodatkowych prac zabezpieczających.

W rejonach tych zaleca się jedynie prowadzenie prac zabezpieczających przed powierzchniową erozją skarp.

Podsumowanie

Wieloletnie doświadczenia uzyskane w trakcie prowadzenia eksploatacji w Polu Belchatów wykazały, jak istotne jest wydzielenie rejonów zagrożeń na zboczach stałych, gdzie istnieje możliwość podjęcia podstawowych działań profilaktycznych już w fazie projektowania geometrii wyrobiska.

Przeprowadzona kategoryzacja wydzielanych rejonów zagrożeń na zboczach stałych wyrobiska pozwala na odpowiednio wcześniejsze dobranie sposobu i metody minimalizacji zagrożenia, która zależy od kategorii i stopnia rozpoznania danego rejonu. Dla rejonów stwarzających duże zagrożenie (kategoria I, II), zalecane jest wykonanie szeregu prac wyprzedzających prowadzących do zminimalizowania lub wyeliminowania zakładanych deformacji skarp i fragmentów zboczy.

Literatura

- [1] Szymański J., Czarnecki L., Dynowska M., *Przemieszczenia konturu zbocza wyrobiska odkrywkowego jako parametr oceny jego stateczności*. Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej: XXIX Zimowa Szkoła Mechaniki (2006), str 377
- [2] Rybicki S., Flisiak J., i in., *Dokumentacja geologiczno-inżynierska procesów osuwiskowych 22S i 24S wraz z weryfikacją przyjętych kryteriów bezpieczeństwa (BOT KWB Belchatów)*. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica. Kraków, marzec 2007
- [3] Sowiński L., Kurpiewska I., Wcisło A., *Pole Szczerców. Opracowanie kategoryzacji rejonów zagrożeń geologiczno-inżynierskich wraz z wytycznymi dla projektowania obiektów zakładu górniczego*. Biuro Projektów Górniczych i Geologicznych „PROGiG” Sp. z o.o.. Wrocław, listopad 2009
- [4] Sowiński L., Kurpiewska I., Wcisło A., *Pole Belchatów. Aktualizacja stateczności zboczy stałych: północnego i południowego Pola Belchatów pomiędzy liniami przekrojów geologicznych 55 SN – 45 SN*. Biuro Projektów Górniczych i Geologicznych „PROGiG” Sp. z o.o.. Wrocław, luty 2012
- [5] Kuliński M. i in., *Pole Szczerców. Dodatek nr 1 do Projektu Zagospodarowania Złoża Węgla Brunatnego Belchatów*. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu PROXIMA S.A, lipiec 2012



fot. Renata S-K

Z cyklu: bogactwo struktury geologicznej skał