

Barbara JAKUBICZ

## Problemy geologiczno-inżynierskie przy dokumentowaniu złóż kopalin stałych

Przedstawiono cel badań geologiczno-inżynierskich i zagadnienia związane z dokumentowaniem złóż kopalin stałych. Podkreślono konieczność rozpoznawania warunków geologiczno-inżynierskich w zakresie większym niż dotychczas już od pierwszych etapów dokumentowania oraz konieczność ustalenia i ujednoczenia zasad kompleksowych badań geologiczno-inżynierskich.

Podstawowym zadaniem geologii inżynierskiej w odniesieniu do górnictwa jest wyjaśnienie wpływu warunków geologiczno-inżynierskich na roboty górnicze w określonym środowisku skalnym oraz na posadowienie budowli naziemnych związanych z eksploatacją złoża i odwrotnie — wpływu oddziaływania robót górniczych udostępniających i eksploatacyjnych na warunki geologiczno-inżynierskie. W każdym przypadku sposób prowadzenia robót górniczych i ich bezpieczeństwo jest uwarunkowane prawidłowym określeniem własności górotworu.

Zarówno praktyka, jak i obecnie obowiązujące przepisy wskazują, że warunki geologiczno-inżynierskie mają wpływ na określenie bilansowości złoża; często bowiem już na podstawie dokumentacji w kategorii C<sub>2</sub> podejmowane są decyzje o eksploatacji i budowie zakładu górniczego. Dlatego też już we wstępnym etapie dokumentowania konieczne jest rozwiązanie podstawowych problemów geologiczno-inżynierskich. Brak wyprzedzającego rozpoznania warunków może spowodować podejmowanie błędnych decyzji dotyczących realizacji obiektów górniczych i zagospodarowania rejonu złoża.

W myśl powyższych założeń Instytut Geologiczny od szeregu lat bierze udział w badaniach nad wyjaśnieniem problemów geologiczno-inżynierskich udostępniania złóż kopalin stałych oraz nad określeniem zabudowy powierzchniowej w rejonach ich dokumentowania. Badania geologiczno-inżynierskie w Instytucie prowadzone są w fazie wykonywania wierceń poszukiwawczych i rozpoznawczych dla etapu wstępnego, w kategorii C<sub>2</sub> lub rzadziej C<sub>1</sub>. Dla szczegółowszego rozpoznania bada-

nia geologiczno-inżynierskie wykonują specjalistyczne ośrodki badawcze i biura projektowe, z którymi Instytut Geologiczny współpracuje.

W ostatnim dziesięcioleciu (od chwili ukazania się Zarządzenia Prezesa CUG w sprawie zasad ustalania zasobów złóż kopalin stałych, 1963) badania geologiczno-inżynierskie Instytutu Geologicznego dotyczyły złóż polihalitu i soli kamiennej (synekliza perybałtycka), rud cynku i ołowiu (rejon Zawiercia), węgla kamiennego (Lubelszczyzna) oraz rud żelaza (Suwalszczyzna). Wyniki tych badań stanowią integralną część dokumentacji geologicznych złóż. Doświadczenie z początkowej fazy badań geologiczno-inżynierskich pozwoliło na opracowanie w 1971 r. instrukcji dla ujednoczenia tego rodzaju prac wykonywanych przez różnych wykonawców.

Ponieważ różne ośrodki w Polsce posługują się często różnymi metodami, co w znacznej mierze utrudnia porównywanie wyników, wyłonił się problem uściślenia i ujednoczenia tych metod oraz metod oceny prognostycznej warunków geologiczno-inżynierskich kopalin stałych. W tym celu Instytut Geologiczny — w ramach tematu dotyczącego doskonalenia metod badań — nawiązał współpracę z poszczególnymi ośrodkami badawczymi w kraju oraz ze specjalistami radzieckimi. Wynikiem tej współpracy ma być opracowanie zasad określania warunków geologiczno-inżynierskich przy ustalaniu zasobów złóż kopalin stałych. Dla dokonania tego przeprowadzono rejestrację ośrodków wykonujących tego typu badania oraz ankietyzację, która objęła dokumentację geologiczno-inżynierskie dla różnych etapów dokumentowania. Zebrany materiał dotyczył rodzaju złoża i charakteru jego występowania, rodzaju obserwacji podczas wykonywania wyrobisk, zakresu i metod badań laboratoryjnych i polowych oraz interpretacji wyników. Ścisłą współpracę nawiązano z takimi ośrodkami, jak Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi CUPRUM we Wrocławiu i Bytomiu, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach oraz kombinaty geologiczne. Ośrodki te spotykają się z problemami geologiczno-inżynierskimi zarówno we wstępnych etapach dokumentowania złóż podczas wykonywania wierceń rozpoznawczych, jak i na etapach szczegółowego rozpoznania oraz w kopalniach w czasie eksploatacji.

Podstawowym celem badań geologiczno-inżynierskich przy dokumentowaniu złóż kopalin stałych jest więc określenie geologiczno-inżynierskich warunków występowania i udostępniania złoża, które wraz z badaniami hydrogeologicznymi, gazowymi itp. winny zezwolić na prawidłową ocenę warunków geologiczno-górnicznych udostępniania i eksploatacji złóż, a przede wszystkim warunków głębienia szybów. Powinny one dać również ogólną ocenę możliwości zabudowy powierzchniowej w rejonie eksploatowanego złoża (zakłady górnicze i obiekty towarzyszące). Rozwiązanie tych problemów wymaga wyjaśnienia następujących zagadnień z punktu widzenia geologii inżynierskiej:

- określenia głębokości, miąższości, rozprzestrzenienia oraz litologii poszczególnych utworów nadkładu i strefy złoża;
- określenia własności fizyczno-mechanicznych skał na tle budowy geologicznej i warunków wodnych;
- rozpoznania zjawisk geologiczno-inżynierskich i stopnia ich nasilenia, szczególnie mających ujemny wpływ na prace udostępniające i eksploatacyjne;

- określenia prognozy zmian własności skał w czasie udostępniania i eksploatacji złoża pod wpływem działania czynników zewnętrznych;
- określenia własności podłoża budowlanego pod zabudowę powierzchniową.

Zagadnienia te stanowią ramowy zakres zadań do rozwiązania przy dokumentowaniu złóż kopalin stałych. Ponieważ cel poszczególnych etapów dokumentowania geologicznego jest zróżnicowany, zatem zakres badań geologiczno-inżynierskich musi być odpowiednio dobrany, głównie w zależności od możliwości udostępnienia wyrobisk, w których można przeprowadzić obserwację i badania oraz pobrać próbki.

Dla wstępnych etapów dokumentowania (dla których Instytut Geologiczny wykonuje badania) ocena rzeczywistych warunków geologiczno-inżynierskich napotyka na największe trudności, szczególnie w przypadku kiedy brak jest jakichkolwiek analogii do warunków w innych obszarach występowania złóż o podobnym charakterze. Rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich na tych etapach wiąże się ściśle z podstawowym rozpoznaniem geologicznym i hydrogeologicznym rejonu złoża. Bazuje on głównie, a najczęściej wyłącznie, na danych z otworów mechaniczno-obrotowych o różnej średnicy, wierconych z powierzchni, pęmondzeniowanych, najczęściej płuczkowych. Niekiedy wykorzystuje się dane z wierceń ręcznych wykonywanych na sucho bez użycia płuczki, do niewielkich głębokości, głównie w gruntach sypkich i spoistych w rejonach przewidywanej eksploatacji odkrywkowej. Badania na podstawie danych z otworów wiertniczych obejmują:

- opis makroskopowy rdzenia wiertniczego z punktu widzenia geologii inżynierskiej, w tym: litologii, uziarnienia, plastyczności, tekstury, struktury ze szczególnym uwzględnieniem spękań, kawern i pustek, opisu ich wielkości, gęstości, ułożenia przestrzennego i wypełnienia;

- opis stanu wydobytego rdzenia (rozkruszenie, uplastycznienie, rozmycie, zwietrzenie) oraz zachowania się skał po wydobyciu (szybkość wysychania, rozpadu lub zacementowania i wiążące się z tym zjawiska);

- pobranie próbek do badań laboratoryjnych;

- obserwacje i rejestracje podczas wiercenia zjawisk geologiczno-inżynierskich ujemnie wpływających na roboty udostępniające (kurzawki, zgazowanie, zmiany temperatury) oraz zjawisk hydrogeologicznych nie objętych specjalnymi badaniami;

- obserwacje i rejestracje dotyczące technologii, postępu wiercenia i uzysku rdzenia dla określenia zwiercalności oraz klasyfikacji intensywności spękań;

- wykorzystanie na bieżąco wyników badań geofizycznych wykonywanych w ramach prac geologiczno-złożowych i hydrogeologicznych;

- badania laboratoryjne własności fizyczno-mechanicznych próbek.

Oprócz tego wprowadzane są ostatnio dodatkowe badania dla prawidłowej klasyfikacji gruntów i skał jak: fotografowanie rdzenia przed pobraniem próbek w skrzynkach w ciągłości profilu (szczególnie stref słabych zmieniających w czasie swój charakter), uzupełnianie opisu makroskopowego rdzenia za pomocą penetrometru i ścinarki obrotowej, badania rozkawałkowania rdzenia w celu oznaczenia współczynnika ciągłości górotworu, badania wytrzymałościowe skał za pomocą młotka odbojnego (sklerometru) oraz w miarę potrzeb badania geofizyczne z powierzchni.

Dla etapów szczegółowego dokumentowania głównym zadaniem jest wyjaśnienie wymienionych wyżej zagadnień w zakresie umożliwiającym wybór sposobu udostępnienia i eksploatacji złoża oraz sporządzenia projektu technicznego zakładu górniczego. Ze względu na wagę zagadnień, badania geologiczno-inżynierskie muszą tu bazować również na danych z otworów pełnordzeniowanych wierconych z powierzchni, ale głównie na danych uzyskanych bezpośrednio w wyrobiskach podziemnych i odkrywkowych oraz z otworów badawczych małodymensyjnych wykonywanych z tych wyrobisk. Dane z otworów wiertniczych wykorzystywane są w takim samym zakresie jak dla etapów wstępnych. Obserwacje i badania w wyrobiskach prowadzone są przez poszczególne zakłady na podstawie własnych metod odpowiednich dla danego górotworu i złoża. Jest to bardzo szeroki wachlarz badań istotnych dla projektowania sposobu rozcięcia złoża i utrzymania wyrobisk, technologii udostępnienia, urabiania i wybierania złoża oraz ochrony załóg górniczych przed naturalnymi zagrożeniami wyrobisk. Ponieważ zagadnień i problemów jest bardzo wiele, nie sposób omówić je w pełni i szczegółowo.

W ogólnym ujęciu badania własności górotworu w wyrobiskach podziemnych obejmują:

- kartowanie geologiczne,
- sklerometryczne badania wytrzymałości skał,
- pomiary odkształceń górotworu metodą niwelacji geodezyjnej,
- pomiary rozwarstwień stropu na reperach otworowych,
- pomiary zaciskania wyrobisk konwergometrami,
- pomiary przebiegu osiadania stropu na podsadze piaskowej,
- pomiary wytrzymałości naprężeń i zmian w górotworze oraz wskaźnika wyężenia górotworu metodą sejsmiczną,
- pomiary ciśnienia górotworu dynamometrami hydraulicznymi,
- wyznaczanie wskaźnika tąpliwości bezpośrednio w caliznie,
- badania wytrzymałości wielkich próbek *in situ*,
- obserwacje stropu w płytkich otworach wiertniczych za pomocą wzierników optycznych,
- profilowanie fotograficzne otworów badawczych w wyrobiskach.

Badania w wyrobiskach odkrywkowych oprócz podstawowych badań w otworach, omówionych wyżej, uwzględniają: szczegółowe kartowanie geologiczno-inżynierskie, profilowanie skarp, kontrole stateczności zboczy w trakcie stopniowego odsłaniania skarp i poziomów odkrywkowych, pomiary i obserwacje fotogrametryczne i geodezyjne dla określenia ruchu i deformacji skarp, terenowe pomiary ciśnienia porowego w nawodnionych gruntach podłoża zwałów oraz niekiedy badania presjometryczne w otworach małodymensyjnych.

Jak wynika z tego skrótego zestawienia, badania górotworu w wyrobiskach górniczych dotyczą głównie zagadnień specjalnych, istotnych dla szczegółowego rozpoznania w trakcie udostępniania i eksploatacji złoża. Są one wykonywane przeważnie metodami pośrednimi związanymi na ogół z różnymi rodzajami kopalin. W niewielkim zakresie mogą być one stosowane dla wstępnych etapów dokumentowania nowoodkrytych złóż. Są one prowadzone przez Instytut Geologiczny.

Na uzyskanie rzeczywistych danych z otworów wiertniczych, dotyczących warunków geologiczno-inżynierskich, wpływa cały szereg

czynników natury technicznej, organizacyjnej, metodycznej i oczywiście charakter danego górotworu. Obserwacje i badania wykonywane bezpośrednio w kopalniach lub odkrywkach o podobnych warunkach, przeważnie dla etapów szczegółowego rozpoznania, chociaż są bardziej praktyczne, stanowią materiał szczegółowszy, a co najważniejsze zebrane i zbadany w warunkach naturalnych. Jednak, jak wynika z doświadczeń, podstawowa ocena warunków geologiczno-inżynierskich oparta jest głównie na badaniach rdzeni z otworów wiertniczych wykonywanych z powierzchni lub z wyrobisk podziemnych. Dotyczy to zarówno wstępnych, jak i szczegółowych etapów rozpoznania, realizowanych zarówno przez Instytut Geologiczny, jak i inne ośrodki badawcze w kraju i zagranicą. Dlatego tak ważny jest problem odpowiedniego doboru metod badań laboratoryjnych i polowych rdzeni. Na ogół metody badań laboratoryjnych poszczególnych parametrów nie są uzależnione od kategorii dokumentowania, uzależniony jest natomiast zakres badań. Dla wstępnych etapów dokumentowania złóż, podstawowe badania zarówno własności fizycznych, jak i mechanicznych gruntów i skał realizowane są na ogół w pełnym wymiarze. Dla etapów szczegółowego rozpoznania złóż kopalin stałych przewidzianych do eksploatacji podziemnej wykonywane są głównie badania parametrów mechanicznych i technologicznych skał w rozszerzonym zakresie, natomiast badania parametrów fizycznych — kontrolnie w niepełnym zakresie.

Pełny zakres badań własności fizycznych gruntów i skał obejmuje oznaczenia: gęstości właściwej i objętościowej, porowatości całkowitej i otwartej, szczelności, wilgotności, nasiąkliwości wagowej i objętościowej, granic konsystencji, pęcznienia, rozmakania, składu uziarnienia, zawartości części organicznych, stopnia zagęszczenia gruntów sypkich, kąta zsypania naturalnego, przepuszczalności powietrza i wody oraz przewodnictwa cieplnego.

Większość badań własności mechanicznych skał obejmuje: wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, zginanie i ścinanie, moduł sprężystości Younga i współczynnik Poissona.

Oprócz badań własności fizyczno-mechanicznych część ośrodków badawczych w Polsce wykonuje równoległe badania technologiczne, w zasadzie w ostatnich etapach dokumentowania lub w toku budowy kopalń. Badania te obejmują: dynamiczny współczynnik zwięzłości skał, zwięzłość, liczbę i współczynnik ścieralności, wskaźnik ścieralności, energetyczny wskaźnik urabialności, wskaźnik kruszalności, wytrzymałość kontaktową oraz gęstość nasypową.

Metody laboratoryjne badań własności mechanicznych dotychczas nie zostały ujęte w powszechnie obowiązujący system norm. Poszczególne ośrodki badawcze prowadzą badania na próbkach o różnym kształcie i wielkości, przy różnym sposobie przyłożenia i stopniowania siły, w związku z czym wyniki uzyskiwane przez różne ośrodki często są nieporównywalne.

Opracowaniem metod badań górotworów i ich normalizacją zajmowało się w latach 1959—1970 Międzynarodowe Biuro Mechaniki Górotworu (IBG) przy Akademii Nauk w Berlinie, w którego składzie znajdowali się również specjaliści polscy. Opracowano zalecenia normowe dla badań wytrzymałościowych próbek skalnych, znacznie ułatwiające

praktyczne stosowanie tych metod. Nie są to jednak normy obowiązujące i metody laboratoryjnych badań własności mechanicznych skał i ich zakres są dowolnie dobierane przez różne ośrodki. Większość norm obowiązujących dotyczy tradycyjnych badań podstawowych własności fizycznych i mechanicznych skał. Badania laboratoryjne charakteryzujące własności skał nie są jedynymi badaniami określającymi zachowanie się górotworu w czasie prac udostępniających. Bardzo istotna jest rejestracja i określenie kawernistości, szczelinowatości i spękań, zarówno naturalnych, jak i powstałych wskutek czynników zewnętrznych. Charakterystyka i klasyfikacja wszelkiego rodzaju spękań i szczelin w połączeniu z pozostałymi wynikami badań geologiczno-inżynierskich oraz tektonicznych mogą pozwolić na określenie prawidłowych prognoz zachowania się górotworu podczas prac udostępniających. Jest to problem często trudny do rozwiązania i realizowany z różną dokładnością na różnych etapach dokumentowania. Na wstępnych etapach badania te mogą być przeprowadzane prawie wyłącznie na podstawie analizy rdzeni wiertniczych z uwzględnieniem zwiercalności oraz badań geofizycznych. Dla etapów szczegółowszego rozpoznania możliwe są już obserwacje ścianek otworów wiertniczych specjalnie do tych celów przygotowanych, ścian wyrobisk górniczych oraz analizy próbek wielkowimiarowych. Badania te wymagają jednak dużego nakładu pracy i odpowiedzialnego sprzętu.

Na podstawie wyników kompleksowych badań geologiczno-inżynierskich określa się warunki geologiczno-inżynierskie zalegania złoża oraz prognozę zmian, jakie mogą nastąpić wskutek prowadzenia prac górniczych, z dokładnością uzależnioną od etapu dokumentowania oraz od realnych możliwości uzyskania danych. Wyniki badań zestawiane są w formie graficznej, tabelarycznej i tekstowej.

Dla wstępnych etapów opracowania geologiczno-inżynierskie wykonywane są najczęściej w formie dokumentacji stanowiącej część kompleksowej dokumentacji geologicznej. Podstawą interpretacji jest tu analiza własności geomechanicznych skał tworzących górotwór na tle budowy geologicznej i warunków wodnych. W profilu pionowym nadkładu, złoża i spągu oraz przestrzennie wydzielane są zazwyczaj strefy o podobnych warunkach geologiczno-inżynierskich. Jako główne kryteria podziału przyjmuje się własności wytrzymałościowe skał i gruntów, które powiązane są z litologią, strukturą, teksturą, warunkami wodnymi i procesami geologiczno-inżynierskimi, mającymi szczególnie ujemny wpływ na prace górnicze. Dane liczbowe zestawiane są przeważnie za pomocą średnich arytmetycznych, odchylenia standardowego i wskaźników zmienności, gdyż najlepiej reprezentują zbiór, ujmując wszystkie wartości, i są niezależne od jego asymetrii. Dla rejonów występowania złóż na dużych głębokościach (kilkaset metrów) i o małej liczbie otworów wiertniczych, wyniki zestawiane są graficznie na syntetycznych profilach geologiczno-inżynierskich i przekrojach. Dla rejonów występowania złóż na niedużych głębokościach (100—300 m) i o dużej liczbie otworów wiertniczych równomiernie rozmieszczonych, warunki geologiczno-inżynierskie przedstawiane są przestrzennie w formie blokdiagramów z naniesionymi wynikami badań i ich interpretacją. Opracowania tekstowe dla wstępnych etapów dokumentowania zawierają syntetyczną

ocenę warunków geologiczno-inżynierskich oraz prognozę ich zmian w czasie prac udostępniających na podstawie zinterpretowanych wyników.

Na etapach szczegółowszego dokumentowania ocena warunków geologiczno-inżynierskich dokonywana jest dla konkretnych problemów udostępnienia i eksploatacji złoża, głównie na podstawie badań w wyrobiskach górniczych. Ponieważ kompleksowe badania stanu górotworu na tych etapach wykonywane są dla różnych złóż przez ośrodki badawcze, interpretacja i zestawienie wyników są odmienne dla każdego złoża ze względu na ich specyficzny charakter występowania. Interpretacja wyników badań dla etapów szczegółowego dokumentowania przeprowadzona jest w aspekcie stabilności wyrobisk w czasie eksploatacji, prognozowania i zwalczania zagrożeń zawałami i wstrząsami górotworu, doboru optymalnych środków urabiania, budowy wyrobisk podziemnych itp. Jak już wspomniano, są to zagadnienia trudne i rozwiązywane przez wyspecjalizowane ośrodki.

Z analizy dotychczasowych badań i oceny prognostycznej warunków geologiczno-inżynierskich kopalni stałych wynikają następujące wnioski:

1. Ze względu na wagę wymienionych zagadnień, ocena warunków geologiczno-inżynierskich udostępniania i eksploatacji złóż winna być dokonywana w zakresie większym niż dotychczas już od chwili prowadzenia wierceń rozpoznawczych. Stopień dokładności rozpoznania powinien być uszczegóławiany w miarę wzrostu kategorii dokumentowania zasobów oraz w dalszej kolejności w miarę rozwoju systemu wyrobisk udostępniających złoża.

2. Większość dotychczas stosowanych metod badań geologiczno-inżynierskich, bez względu na etap dokumentowania, obejmuje badania własności materiału skalnego tworzącego górotwór, natomiast w niewielkim zakresie, eksperymentalnie, dla etapów rozpoznania szczegółowego badania mające na celu określenie własności mechanicznych górotworu jako masywu skalnego, które są podstawą prawidłowej oceny i prognozy warunków udostępnienia i eksploatacji złoża.

3. Zasadniczy postęp w dokumentowaniu geologiczno-inżynierskim w ostatnich latach dotyczy badań laboratoryjnych, szczególnie własności wytrzymałościowych i sprężystych, co jest istotne dla wszystkich etapów dokumentowania geologicznego.

4. Badania geologiczno-inżynierskie, dokumentacje i opracowania szczegółowe są wykonywane w różnych ośrodkach badawczych najczęściej według metod własnych, co utrudnia porównywanie wyników. Należy więc ustalić i ujednoczyć wytyczne i przepisy, regulujące zasady kompleksowych badań geologiczno-inżynierskich, laboratoryjnych i polowych oraz ich interpretację i prognozę, co jest obecnie tematem rozpatrywanym przez Instytut Geologiczny przy współpracy innych ośrodków badawczych w Polsce oraz specjalistów radzieckich.

Барбара ЯКУБИЧ

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ  
ДОКУМЕНТАЦИЙ ПО МЕСТОРОЖДЕНИЯМ ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Резюме

В статье рассмотрены общие инженерно-геологические проблемы составления документации по месторождениям твёрдых видов полезных ископаемых. Показана цель инженерно-геологических исследований и проблемы, которые необходимо решить для определения свойств горного сооружения. Кратко рассмотрены способы решения этих проблем и трудности их реализации на очередных этапах составления документации. Подчёркивается необходимость более широкого, чем до сих пор, изучения инженерно-геологических условий, начиная с первых этапов, а также составления и унификации директив и правил, регулирующих принципы комплексных инженерно-геологических исследований.

Barbara JAKUBICZ

**GEOLOGICAL-ENGINEERING PROBLEMS CONNECTED WITH EXPLORATION  
OF SOLID RAW MATERIALS**

Summary

The paper deals with geological-engineering problems connected with documentation of solid raw material deposits. The aims of geological-engineering studies and tasks which should be solved for estimating rock massif properties in the course of documentation are given. The ways of solving these problems and difficulties encountered in realization are briefly discussed. The necessity to widen the range of survey of geological-engineering conditions from the first stage of documentation onwards, as well as to establish and uniformize instructions and regulations of complex geological-engineering surveying is emphasized.