

Wacław M. ZUBEREK

Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

Przewidywanie w geofizyce górniczej

Streszczenie

Po zdefiniowaniu geofizyki górniczej stwierdza się, że nowoczesne górnictwo oczekuje od nauki, w tym także geofizyki, prognoz dotyczących zarówno prowadzenia eksploatacji jak i możliwości występowania zagrożeń, a także wpływu eksploatacji na środowisko. Przedstawiono podział procesów i zjawisk fizycznych oraz możliwości i ograniczenia ich prognozowania. Na przykładzie prognozy wstrząsów górniczych omówiono warunki skutecznego odbioru prognozy.

1. Wstęp

Pod pojęciem geofizyki górniczej rozumie się (Marczak, Zuberek, 1994) badania i obserwacje zespołu zjawisk oraz procesów fizycznych zachodzących w górotworze a także wszystkie metody geofizyczne, których użycie wiąże się z podziemną eksploatacją górnictwem, szczególnie w celu jej efektywnego i bezpiecznego prowadzenia. W takim ujęciu pojęcie geofizyki górniczej może mieć bardzo szeroki zakres, gdyż obejmuje wszystkie zjawiska fizyczne i procesy zachodzące w górotworze w czasie eksploatacji złoża oraz po jej zakończeniu, a także wszystkie metody geofizyczne poczynając od fazy jego rozpoznania i dokumentacji, poprzez cały okres eksploatacji, a kończąc na etapie likwidacji kopalni i usuwaniu skutków, jakie jej istnienie przyniosło dla środowiska.

Warunkiem efektywnej i bezpiecznej eksploatacji górniczej jest:

- dokładne rozpoznanie złoża i wszystkich zmian w jego wykształceniu istotnych dla prowadzenia robót górniczych (jak np. okruszczenia żył rudnych, czy też zmiany miąższości złóż pokładowych),
- wykrywanie i lokalizowanie uskoków i innych nieciągłości istotnych z punktu widzenia technologii wybierania kopaliny,
- wczesne wykrywanie i minimalizacja zagrożeń (wodnych, tąpniętami lub nagłymi wyrzutami skał i gazu, pożarowych),
- ochrona środowiska przyrodniczego oraz minimalizowanie ujemnych skutków eksploatacji górniczej.

Nowoczesne górnictwo oczekuje od nauki, w tym także od geofizyki prognoz dotyczących zarówno warunków prowadzenia eksploatacji jak i możliwości występowania zagrożeń a także wpływu eksploatacji na środowisko. Prognozy takie są konieczne w celu podejmowania odpowiednich decyzji w tym także takich, które minimalizują ujemne oddziaływanie człowieka na środowisko a także tych, które pozwolą zminimalizować niekorzystny wpływ środowiska na człowieka.

Główne zadania, które stawiane są przed geofizyką górniczą sprowadzić można do:

- monitoringu górotworu w czasie prowadzenia eksploatacji i po jej zakończeniu w celu przewidywania jego reakcji na proces eksploatacji,
- przewidywania warunków eksploatacji jak i procesów i zagrożeń jej towarzyszących.

Tym samym możliwość stawiania prognoz i przewidywania jest jednym z podstawowych celów, które dozór górniczy stawia służbie geofizycznej w kopalniach.

2. Procesy i zjawiska fizyczne

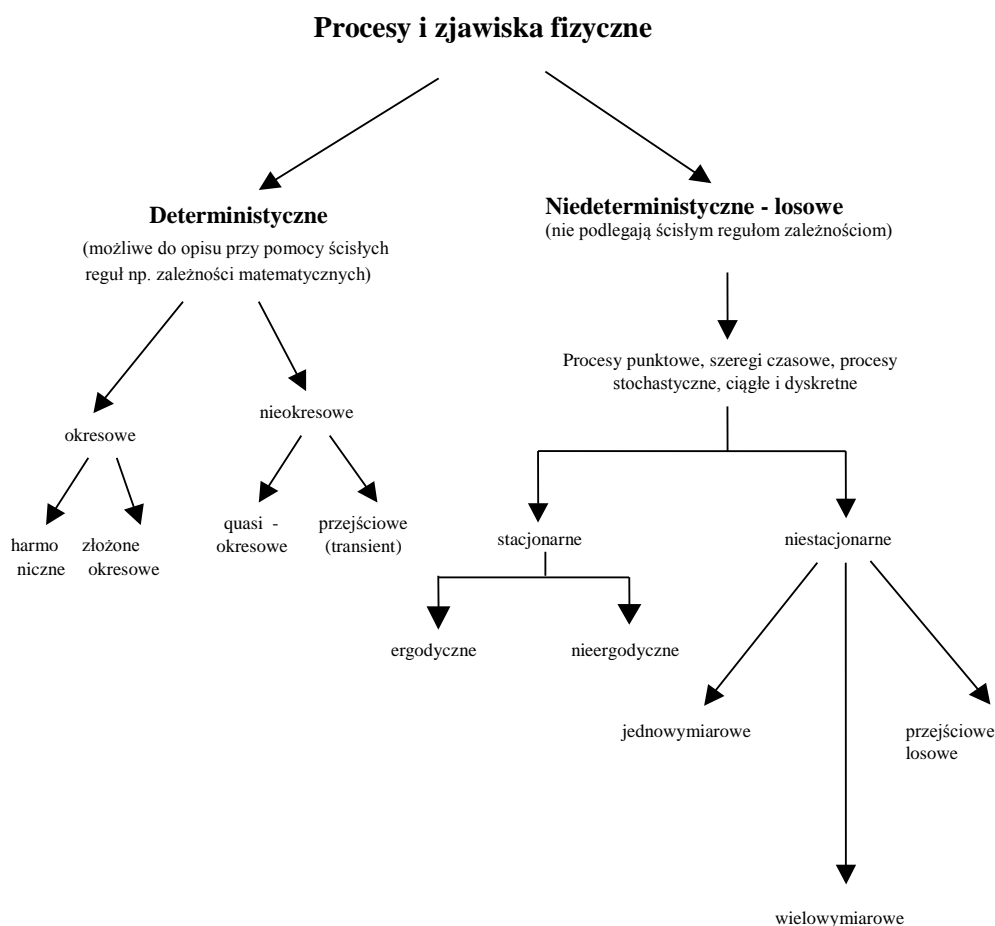
Procesy i zjawiska fizyczne można umownie podzielić na deterministyczne i niedeterministyczne (rys. 2.1), które stanowią dwa główne ograniczenia wynikające z możliwości poznania i kontrolowania tych zjawisk. Pod pojęciem procesów i zjawisk deterministycznych rozumiemy te, które jesteśmy w stanie opisać przy pomocy ścisłych reguł i zależności matematycznych. Wchodzą tutaj zjawiska okresowe i nieokresowe a także przejściowe.

Procesy niedeterministyczne (czyli losowe) to te, które nie podlegają ścisłym regułom lub zależnościom a zatem ich przebieg ma charakter losowy.

Należy tutaj podkreślić, że podział ten jest wyłącznie umowny, gdyż w istocie żaden proces lub zjawisko fizyczne nie jest czysto deterministyczne, gdyż zawsze zawiera składnik losowy wynikający np. z błędu pomiaru lub obecności szumu, jak i fakt, że proces, który dzisiaj uważamy za niedeterministyczny po odpowiednim poznaniu i rozwoju wiedzy może okazać się, że jest opisywalny w sposób ścisły. Praktyczne rozróżnienie tych procesów proponowane przez J.S. Bendata i A.G. Piersola (1971) to zdolność do odtworzenia danych przy pomocy kontrolowanego eksperymentu może okazać się w naukach o Ziemi i w praktyce górniczej czasem trudne lub wręcz niewykonalne. Należy zatem przyjąć, że w rzeczywistości mamy do czynienia z szeroką klasą zjawisk wzajemnie nakładających się na siebie, z których te dwie wydzielone grupy procesów stanowią ograniczenia brzegowe.

Procesy niedeterministyczne można podzielić z kolei na procesy punktowe, zwykle tylko bardzo ogólnie opisujące pojawienie się zdarzenia w czasie i nie opisujące tego zjawiska szerzej, klasycznym przykładem, którym jest proces Poissona wykorzystywany czasem do opisu powstawania silnych wstrząsów górniczych. Drugą grupą tych procesów to szeregi czasowe lub procesy stochastyczne ciągłe i dyskretne. W przypadku procesów niedeterministycznych dokładne określenie chwilowej wartości procesu jest niemożliwe, posługujemy się w tym przypadku aparatem statystyki matematycznej i teorii prawdopodobieństwa wyznaczając odpowiednie momenty rozkładów, jak wartość oczekiwana, wariancja, momenty korelacyjne oraz rozkłady prawdopodobieństwa wystąpienia odpowiednich wartości.

Pomimo tego, że w przypadku procesów niedeterministycznych nie można określić dokładnie chwilowej wartości procesu, to jednak jeśli przebieg procesu nie jest bardzo szybko zmienny w porównaniu z wyprzedzającym krokiem prognozy i jeśli wartości procesu są ze sobą skorelowane tzn. jeśli wartości w przyszłości zależą od wartości aktualnych i w przeszłości lub zależą od innej zmiennej, to można z prawdopodobieństwem zależnym od wielkości związków korelacyjnych prognozować przebieg procesu lub zjawiska.



Rys. 2.1 Schemat podziału procesów i zjawisk fizycznych
 Fig. 2.1 Principal types of the physical processes and phenomena

3. Prognozowanie przebiegu procesów lub zjawisk

Z punktu widzenia potrzeb górnictwa i możliwości nauki można przewidywanie próbować zdefiniować jako wyprzedzającą w czasie ocenę zachowania się złożonego systemu (jaki stanowić może np. układ wyrobisk, ich obudowa i otaczający je górotwór) w procesie prowadzenia eksploatacji złoża oraz po jej zakończeniu. Zadanie przewidywania może także dotyczyć kosztów prowadzenia eksploatacji, chociaż to zagadnienie nie wchodzi bezpośrednio w zakres geofizyki górniczej.

Przy takim ujęciu prognozy, procesy deterministyczne, których przebieg opisuje się najczęściej za pomocą odpowiednich funkcji lub równań różniczkowych na ogół nie stwarzają większych problemów w procesie prognozowania, chociaż będzie to zależać od tego jak w poszczególnym przypadku prognoza zostanie zdefiniowana, a ograniczenia prognozy można sprowadzić do:

- niepewności w określaniu warunków początkowych, które mogą wpływać na wyniki określenia zachowania się systemu w kolejnych momentach czasu. Szczególnie to może utrudniać przewidywanie jeśli system będzie bardzo czuły na małe zmiany warunków początkowych,
- zmienności systemów, które nie są dobrze określone przez warunki brzegowe, albo w których warunki brzegowe ulegają zmianom w czasie,
- niejednorodności ośrodka, która się zmienia w zależności od skali procesu. Powoduje to, że reakcja układu w dużej skali nie jest całkowicie zdeterminowana relacjami skalowania procesów zachodzących lokalnie lub w skali mikro.

W przypadku procesów punktowych (np. zbiór zdarzeń różniących się położeniem na osi czasu) na ogół nie prognozujemy momentu wystąpienia poszczególnego zdarzenia (w przypadku procesu Poissona jest to niemożliwe) ograniczając się do prognozy intensywności procesu lub średniego czasu między zdarzeniami. Tego typu modele procesów są stosowane wówczas, gdy zdarzenia nie są zbyt częste w porównaniu z długością przedziału prognozy.

Gdy zdarzenia występują często i możemy je przedstawić w postaci ciągu wartości w równych przedziałach zmiennej niezależnej, wówczas mamy do czynienia z szeregiem czasowym. Występowanie istotnie różnej od zera korelacji umożliwia liniową prognozę (jednej zmiennej na podstawie drugiej zmiennej lub na podstawie minionych wartości tej samej zmiennej – historii procesu) tym lepszą im wyższe wartości osiągają współczynniki korelacji (Kornowski, w druku).

4. Warunki skutecznego odbioru prognozy

Skuteczność odbioru prognozy zależy w dużej mierze od sposobu jej przedstawienia i od samej definicji prognozy. Należy przy tym odróżnić prognozy naukowe od prognoz praktycznych, specjalnie przygotowanych z myślą o odbiorcy. Naukowa prognoza zjawiska lub procesu nie zawsze jest w pełni zrozumiała, co w dużej mierze ogranicza możliwości jej odbioru. Przy zbyt rygorystycznie zdefiniowanej prognozie nie zawsze jest ona osiągalna, co narzuca konieczność złagodzenia sformułowania prognozy przy pełnym zrozumieniu wszystkich ograniczeń wynikających z nowej, poszerzonej definicji prognozy.

Jako przykład omówmy problem przewidywania silnych wstrząsów górniczych. Z naukowego – ścisłego punktu widzenia definicja prognozy obejmuje jednoczesną ocenę miejsca wystąpienia wstrząsu, wielkości wstrząsu (energii sejsmicznej, magnitudy lub momentu sejsmicznego) i czasu jego wystąpienia z odpowiednimi przedziałami ufności dla poszczególnych wielkości. Przy tak zdefiniowanej prognozie zjawiska jest ona dzisiaj (podobnie jak w przypadku trzęsień Ziemi) nieosiągalna, to znaczy, że w oparciu o aktualny stan wiedzy nie jesteśmy w stanie, w sposób wiarygodny, takich prognoz formułować. Nie oznacza to jednak, że nie jesteśmy w stanie nic w danym procesie przewidzieć, gdyż jeżeli odpowiednio zredefiniujemy prognozę, to może ona być praktycznie wykorzystywana.

Taką próbą praktycznego ujęcia prognozy w problematyce wstrząsów górniczych jest pojęcie zagrożenia lub hazardu sejsmicznego (Kornowski w druku, Gibowicz, Kijko 1994; Dubiński, Konopko 2000, Gibowicz, Lasocki 2001). Zagrożeniem sejsmicznym nazywamy, w oparciu o dostępną w chwili t informację o historii procesu emisji sejsmicznej, prawdopodobieństwo przewyższenia w chwili $t + \Delta t$ poziomu energii sejsmicznej E_1 w pewnym obszarze S (Kornowski, w druku). W tym przypadku nie określamy czasu wystąpienia wstrząsu, ani jego energii (zadając jedynie przekroczenie pewnego progu E_1) ale wówczas rozwiązanie tego zadania jest statystycznie realizowalne, a w oparciu o tak sformułowaną prognozę zagrożenia

można podejmować odpowiednie decyzje ruchowe. Zatem, chociaż nie prognozujemy wstrząsu (w ścisłym, naukowym sensie prognozy wstrząsu), to jednak uzyskujemy prognozę praktyczną, która może być i jest wykorzystywana w górnictwie

Próbując zaś adaptować do geofizyki górniczej warunki skutecznego odbioru prognoz sformułowane przez R.A. Pielke Jr. i innych (1999) można je podsumować następująco:

Prognoza musi być tworzona z myślą o odbiorcy (uwzględniać jego potrzeby):

1. wszystkie niepewności i ograniczenia prognozy powinny być wyraźne i jasno wyspecyfikowane,
2. korzystne jest odpowiednie doświadczenie w rozumieniu i wykorzystaniu prognoz, co w niektórych przypadkach np. bardzo długich oddziaływań nie zawsze jest możliwe,
3. proces opracowania prognoz powinien być możliwie otwarty i przejrzysty,
4. prognozy należy wyjaśniać przez odpowiedzi na właściwie sformułowane pytania (np. m. innymi):

- co jest celem prognozy,
- jak prognoza wpływa na podejmowanie decyzji,
- jakie są skutki prognozy,
- jak należy przedstawiać prognozę odbiorcy.

W podsumowaniu należy zatem stwierdzić, że aby zwiększyć oddziaływanie geofizyki górniczej nie można unikać problematyki związanej z przewidywaniem procesów lub zjawisk towarzyszących eksploatacji złoża, a formułując prognozy musimy zmierzać do tego by były one w pełni wiarygodne i właściwie odbierane.

Literatura

- [1] Bendat J.S., Piersol A.G. 1971: *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*. Wiley Interscience, New York.
- [2] Dubiński J., Konopko W. 2000: *Tapania, ocena, prognoza zwalczanie*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- [3] Gibowicz S.J., Kijko A. 1994: *An Introduction to Mining Seismology*. Academic Press, San Diego, New York.
- [4] Gibowicz S.J., Lasocki S. 2001: *Seismicity induced by mining: ten years later* [in]. *Advances in Geophysics* v. 44, Academic Press, San Diego – San Francisco – New York.
- [5] Kornowski J. (w druku) *Podstawy sejsmoakustycznej oceny prognozy zagrożenia sejsmicznego w górnictwie*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- [6] Marcak H., Zuberek W.M. 1994: *Geofizyka Górnicza*. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice.
- [7] Pielke Jr, R.A. , Sarewitz D., Byerly Jr, R. , Jamieson D. 1999: *Prediction in the Earth Sciences and Environmental Policy Making*. EOS, Trans AGU, nr 28.

Prediction in mining geophysics

In the introduction the definition of the mining geophysics is quoted. Later it is stated the modern mining expects from science, including geophysics, various predictions concerned with the process of deposit extraction, occurrence of hazards and on the impact of mining on the environment.

The principal types of the physical processes and phenomena are presented and their predictability and limitation are discussed. On the example of mining tremor prediction the effectiveness of the prediction perception is analysed.

Przekazano: 15 marca 2001