

Libuše HOFRICHTEROVA

*Technical University of Ostrava, Institute of Geological Engineering,
708 33 Ostrava –Poruba, 17. listopadu Str., Czech Republic*

ZASTOSOWANIE METOD GEOFIZYCZNYCH DO OKREŚLANIA STREF UŁATWIWIONEJ MIGRACJI WÓD PODZIEMNYCH W REJONACH DAWNEJ DZIAŁALNOŚCI GÓRNICZEJ

Streszczenie. Stare wyrobiska podziemne ułatwiają migracje wód podziemnych i gazów w górotworze. Dokładna lokalizacja tych wyrobisk oraz ewentualnie innych obiektów jest zadaniem bardzo istotnym. Informacje o tego typu starych wyrobiskach, włącznie z ich usytuowaniem, są zwykle obarczone błędami. Artykuł prezentuje wybrane przykłady zastosowania metod geofizycznych do dokładniejszego lokalizowania dawnych wyrobisk - szybów i sztolni.

GEOPHYSICAL METHODS IN LOCALIZATION OF PREFERENTIAL MIGRATION ZONES OF GROUNDWATER WITHIN OLD MINING AREAS

Summary. Old mine workings serve often as ways of preferential migration of water and gas within the rock massif. Their exact localization is an important task. Information on these old workings, including their localization is usually doubtful. The paper presents instances of the use of geophysical methods in localization of abandoned shafts and mine adits.

1. Wprowadzenie

Stare wyrobiska mogą tworzyć uprzywilejowane drogi przepływu wód dołowych i gazów. W rejonach długotrwałej eksploatacji surowców mineralnych, takich jak rejon ostrawsko-karwiński (OKR), gdzie eksploatacja trwa od ponad 200 lat i gdzie wydrążono kilkaset szybów, wyrobiska takie stanowią znaczne zagrożenie. Uważa się, że jedynie w rejonie ostrawskim istniało 500 szybów i sztolni, z których zewidencjonowano dotychczas niecałe czterysta. Dla wielu dawnych wyrobisk nie zachowały się dokumentacje; o ich istnieniu dowiadujemy się jedynie z kronik czy literatury specjalistycznej. Częstym problemem w ich lokalizacji są także zmiany w układach współrzędnych geodezyjnych.

Większość starych wyrobisk, dla których nie istnieje (lub jest niekompletna) dokumentacja, znajduje się w obszarach o najmniejszej miąższości utworów pokrywowych, w rejonach intensywnie dziś zasiedlonych. Ograniczenie eksploatacji i likwidacja kopalni w rejonie OKR, rozpoczęte w 1991 roku, oznaczały zakończenie wentylacji w likwidowanych kopalniach, ograniczenie degazacji, zatapianie pustek wyrobisk i zasypywanie szybów. Uwalnianie metanu z materii węglowej jest długotrwałym procesem, nie powstrzymany

przez zakończenie działalności górniczej. Gaz ten dostaje się najczęściej do przestrzeni wyrobisk w miejscach, gdzie w ostatnim czasie trwało udostępnianie i eksploatacja i następnie migruje ku górze, ku płytszym, starym zrobom. Zawodnienie przestrzeni wyrobisk powoduje zmniejszenie objętości gazów i dalszy wzrost ciśnienia metanu. W przypadku niewielkich zespołów wyrobisk nie należy spodziewać się zagrożeń, mimo że gazy kopalniane będą znajdowały ujście nowymi drogami, do których należą szyby, sieci odwodnieniowe etc.

Likwidacja starych wyrobisk była do 1945 roku prowadzona poprzez ich zasypywanie skałą płoną lub odpadami budowlanymi, bez zamykania u ujścia. Współcześnie położenie takich szybów jest w terenie niewidoczne, rzadziej można je wiązać ze zmianami jego ukształtowania, co w obszarach długotrwałej działalności górniczej jest mało precyzyjne.

W przypadku starych wyrobisk, likwidowanych przed 1945 rokiem, dokumentacje są bardzo niedokładne, co nie pozwala na właściwe określenie osi szybu. Chodzi tu o wyrobiska usytuowane w rejonach o wyższej miąższości utworów pokrywowych, gdzie ich głębokość jest większa. Absolutna większość tych wyrobisk pionowych ma głębokość większą niż 400 m. Ich likwidacja polegała na zasypaniu skałą płoną, w większości przypadków od podszybia ku powierzchni. Na wysokości kolejnych poziomów budowano tamy oddzielające szyb od wyrobisk poziomych. W wielu przypadkach u wylotu szybu znajduje się płyta wykonana z żelazobetonu. Na skutek osiadania materiału wypełniającego szyb mogło dochodzić do powstawania wolnych przestrzeni, a w przypadku nasycenia wodą do uszkodzeń tam na wysokości kolejnych poziomów. Częste są także ucieczki metanu, silnie uzależnione od ciśnienia barometrycznego. Stężenia metanu mogą osiągać wartości na poziomie od 5 do 15% (stężenie wybuchowe) lub większe.

W celu ograniczenia ryzyka należy zlokalizować i zlikwidować dawne wyrobiska, głównie pionowe i pochyłe - połączone z powierzchnią. Podczas określania położenia dawnych wyrobisk pomocne mogą okazać się metody geofizyczne. W tym przypadku proces badawczy można podzielić na następujące etapy:

- zgrubne określenie lokalizacji wyrobiska na podstawie dokumentacji archiwalnej,
- określenie rejonu poszukiwań, najczęściej wystarczy powierzchnia 50 x 50 m,
- wykorzystanie badań geofizycznych i atmogeochemicznych (metanowych),
- weryfikacja za pomocą wierceń badawczych wytypowanych anomalii jako możliwych przejawów występowania wyrobisk,
- przewiert w osi szybu lub sztolni,
- zapewnienie odprowadzenia gazów kopalnianych i ewentualna likwidacja wyrobiska.

2. Badania geofizyczne

Dążenie do jak najdokładniejszego określenia powierzchni w celu szczegółowego rozpoznania wiertniczego, które potwierdziłoby istnienie dawnych wyrobisk, doprowadziło do wykorzystania w tym celu metod geofizycznych. Należy podkreślić, iż są to metody pośrednie, oparte na pomiarach pól fizycznych i określaniu istniejących w ich obrębie anomalii. Anomalie te należy następnie interpretować nadając im odpowiednie dla danego zagadnienia wyjaśnienie. Nie można zakładać, iż rozpoznawany obiekt będzie określony bezbłędnie. Przy poszukiwaniu dawnych wyrobisk, których średnica jest niewielka, należy zastosować gęstą sieć pomiarową i wysoką czułość obranej metody. Może to doprowadzić do relatywnego wzrostu wpływu lokalnych niejednorodności związanych ze strefami przypowierzchniowymi. Wówczas mierzone pole fizyczne staje się na tyle zróżnicowane i

złożone, że zanikać może indywidualny efekt pochodzący od poszukiwanego obiektu. Dlatego też podczas pomiarów geofizycznych otrzymujemy zwykle syntetyczny obraz wpływu wielu obiektów. Ponadto stare wyrobiska mogą w polach fizycznych dawać odmienne odzwierciedlenia.

Złożoność zagadnienia (odmienne przejawy wyrobisk w polach fizycznych, niedokładności w określeniu rejonu badań i wydzieleniu anomalii, pola intensywnych zaburzeń) ogranicza zarówno możliwości zastosowania metod geofizycznych, jak i ich interpretacji. Miara odzwierciedlenia starych wyrobisk poprzez pola anomalii fizycznych zależy przede wszystkim od:

- kontrastu między własnościami fizycznymi materiału, którego użyto do likwidacji wyrobiska, a materiałem otoczenia,
- stopnia konsolidacji materiału wypełniającego, ewentualnie od czasu, jaki upłynął od likwidacji wyrobiska (dotyczy to zwłaszcza wyrobisk, których likwidację "powierzono naturze"),
- stopnia intensywności pola zaburzeń.

Interpretacja pomiarów geofizycznych w znacznym stopniu zależy od doświadczenia interpretatora, znajomości określonego wyrobiska i sytuacji geologicznej.

Poszukiwane wyrobiska mogą charakteryzować się pewnym defektem gęstości, możliwym do określenia przez dokładne pomiary mikrogravimetryczne, czego dowodzą efekty badań i interpretacji na przykładzie prac firmy TERRADAT (Wlk. Brytania), czy też bardziej odpowiadające stanowi rzeczywistemu osiągnięcia firmy G Impuls z Pragi [2 i 3]. Precyzja interpretacji zależy od grawitacyjnego wpływu okolicznych anomalii gęstościowych oraz nierówności terenu (w kontekście ich odseparowania od uzyskanych wyników) oraz od kontrastu gęstościowego między wypełnieniem a otoczeniem wyrobiska.

Dawne wyrobiska mogą przejawiać się efektem tłumienia fal sprężystych, obniżeniem prędkości ich propagacji, refleksami od ścian wyrobiska, rezonansem falowym. Jest też możliwe, że zarówno otoczenie, jak i przestrzeń samego wyrobiska mogą różnić się przewodnictwem cieplnym (tym samym i temperatura), a wyjątkowo własnościami magnetycznymi. Mogą one także stanowić uprzywilejowane w górotworze drogi migracji radioaktywnych gazów czy gazowych węglowodorów. Na pomiarach georadarowych, objawiają się na przykład zanikaniem odbicia, podwyższeniem tłumienia sygnału i uwypukleniem pewnych depresji na linii przebiegu horyzontu refleksyjnego [4].

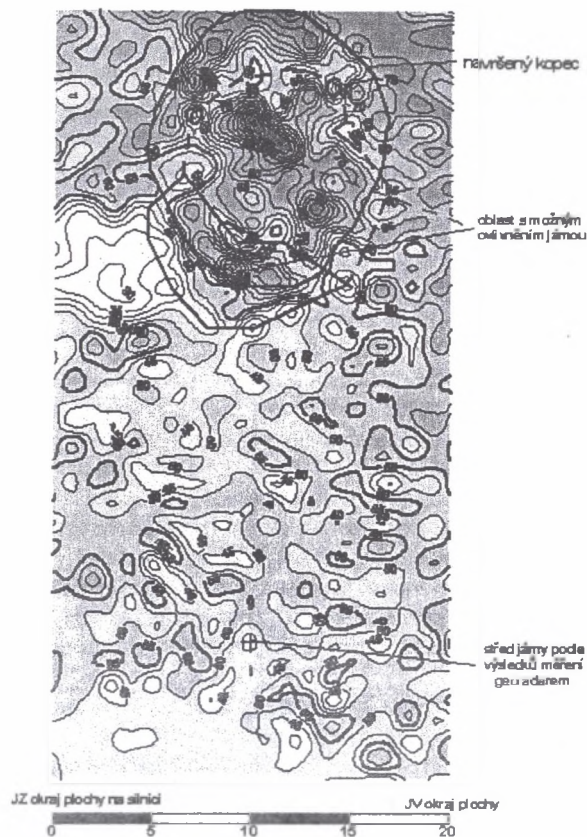
Pomiary georadarowe, dzięki swej ciągliwości, teoretycznie umożliwiają relatywną dokładność w lokalizowaniu anomalnych obiektów, ich mankamentem jest jednak ograniczenie zasięgu głębokościowego. Bywa on mniej skuteczny niż podawany przez producentów danego urządzenia pomiarowego (w przybliżeniu o połowę, zależnie od zastosowanej częstotliwości fal elektromagnetycznych 1 - 3 m), z powodu relatywnej przewodności warstwy przypowierzchniowej (podwyższona wilgotność w miesiącach wiosennych i jesiennych, pokrycie terenu trawą), ponadto dzięki wystąpieniu szumów wskutek odbić od nierówności terenu (głęboko zaorana gleba, pozostałości drzewostanu i jego systemu korzeniowego), obecności przedmiotów metalowych, przewodów nadziemnych etc. Z drugiej jednak strony przewaga pomiarów georadarowych polega na możliwości prowadzenia pomiarów w terenie utwardzonym (asfalt, beton, bruk); w takich przypadkach efekty są nawet lepsze.

Różnice pomiędzy własnościami elektromagnetycznymi przestrzeni dawnych wyrobisk i ich otoczenia a nienaruszonym górotworem pozwalają na wykorzystanie do wykrywania tych wyrobisk także klasycznej metody profilowania oporności, zmodyfikowanej do metody mkropomiarowej (krok rzędu 1 m) lub pomiarów wieloelektrodowych. Ich zaletą jest możliwość interpretacji komputerowej. Jeden z wyników został opublikowany na stronie

internetowej firmy TERRADAT [3]. Przedmiotem badań było tu stare wyrobisko, wypełnione materiałem przewodzącym.

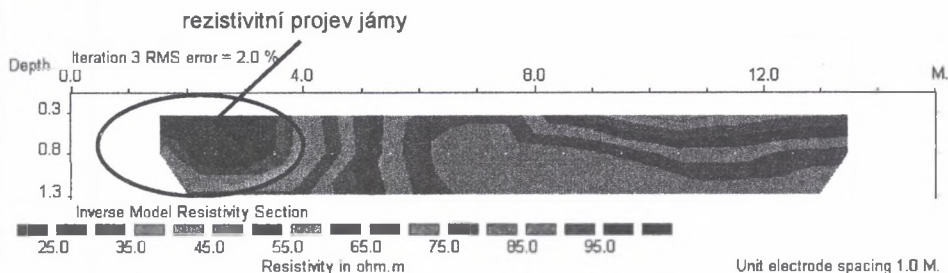
Jak wynika z doświadczeń naszych pomiarów i ich interpretacji, dotyczących około 20 dawnych szybów i 6 sztolni w rejonie OKR, można założyć, iż stare wyrobisko przejawia się w partiach przypowierzchniowych strefą wyższych oporności, otoczoną relatywnymi minimami tejże oporności, spowodowanymi obecnością stref zaburzonych w otoczeniu wyrobiska. Do stref tych łatwiej przenika i łatwiej gromadzi się w nich woda opadowa, niosąca w sobie drobne cząstki o wyższej przewodności. Wraz z rosnącą głębokością rozpoznania, różnice oporności często maleją wskutek konsolidacji materiału wypełniającego wyrobiska i zaciskania ścian szybu, często anomalie zmniejszają wówczas swój zasięg.

W początkowej fazie naszych pomiarów do lokalizacji wyrobisk zastosowaliśmy mikroprofilowanie opornościowe, na którego podstawie stworzono mapy oporności pozornych. Następnie zastosowano także wieloelektrodowe pomiary oporności, a ich wyniki wykorzystano w konstrukcji map oporności pozornej dla różnych pozycji oraz profili 2D. Krok pomiarowy wynosił 1 do 2 m, obszar badania w większości ograniczony był ze względu na warunki terenowe (istniejące drogi, zabudowę etc.). Na rys. 1 przedstawiono potwierdzoną wierceniem lokalizację wyrobiska, stwierdzonego uprzednio profilowaniem opornościowym. Rysunek 2 obrazuje interpretację dawnego szybu na profilu wieloelektrodowego pomiaru oporności.



Rys. 1. Rezultaty pomiarów opornościowych – izolinie oporu pozornego dla A5MIN5B.

Fig. 1. Results of geophysical measurement – isolines of apparent for arrangement A5MIN5B



Rys. 2. Interpretacja pomiaru wieloelektrodowego
 Fig.2. Resistivity interpretation of multicable measurement

3. Podsumowanie

Należy kolejny raz zaznaczyć, że określanie położenia starych wyrobisk metodami geofizycznymi jest problemem złożonym. Jego pomyślne rozwiązanie zależy nie tylko od znajomości środowiska geologicznego, specyfiki danego wyrobiska i czasu jego likwidacji, ale także od doświadczenia interpretatora. W przypadku zastosowania metody opornościowej, pomierzone anomalie mają zwykle rozmiary większe niż wynosi średnica wyrobiska i nie można całkowicie polegać na dokonanej dzięki nim lokalizacji. Zdarza się również, że położenie wyrobisk stwierdzone geofizycznie, różni się o kilka metrów od lokalizacji potwierdzonych wierczeniami.

Artykuł opracowano w ramach zadania CEZ 53007, MSM 273500007

LITERATURA

1. SG Geotechnika, a.s. Praha: Souhrnná zpráva o využití georadaru v rámci průzkumu starých důlních děl v OKR. Ostrava, červen 1997.
2. G IMPULS Praha, spol.s r.o. – profil firmy, Praha 2001.
3. Case Study Detection of Abandoned Mineworkings. <http://www.terradat.co.uk>.
4. Stoniš, M., Hofrichterová, L.: Problematika vyhledávání starých důlních děl pomocí geofyzikálních metod. In: Laboratorní bádání v seismologii a inženýrské geofyzice (ed. Kaláb, Z.), ISBN 80-86407-01-0, s.196-204, Ostrava 2002.
5. Materiály konference Problémy spojené s technickou likvidací dohů, Ostrava, VŠB-TU, (Špírek, J., Král, V., Kučik, S., Lanzerdörfer, K., Beránek, C.), květen 1998.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wacław M. Zuberek

Abstract

The paper presents use of the geophysical methods in localization of preferential migration zones of groundwater within old mine workings. These workings, in case when the information on the terms of their liquidatin is missing, create a significant risk for safety

within the areas of long-term mining activity. Application and interpretation of geophysical methods is often difficult due to numerous technical problems, and non-exact and different appearances of the workings in physical fields. Results of microprofiling and modified multielectrode measurement application for localizing abandoned shafts and mine adits are presented and discussed in the paper.