

Streszczenie

W pracy analizowano możliwości i ograniczenia detekcji i monitoringu za pomocą metody georadarowej (GPR) obiektów, które charakteryzują się stochastycznym rozkładem w ośrodku geologicznym i jednocześnie cechują się wysokim wskaźnikiem niebezpieczeństwa dla mienia oraz zdrowia i życia ludzi. W pracy wprowadzono określenie „obiekty stochastyczne” dla ogólnego opisu analizowanych obiektów, do których można zaliczyć m.in.:

- zanieczyszczenia płynne migrujące w ośrodku geologicznym, a jako reprezentanta tej grupy analizowano zanieczyszczenie ropopochodne typu LNAPL (ang. *Light Non-Aqueous Phase Liquid*),
- strefy rozluźnień w gruncie i w nasypowych strukturach antropogenicznych, a jako reprezentanta tej grupy analizowano niebezpieczne strefy rozluźnień w wałach przeciwpowodziowych,
- strefy spękań w górotworze, a w tym przypadku analizowano spękania ośrodka geologicznego indukowane działalnością górniczą.

W pracy pokazano, że gdy w badanym ośrodku pojawiają się obiekty o charakterystyce stochastycznej, tzn. o losowo zmiennej w czasie geometrii i położeniu, jak również losowo zmiennych parametrach elektromagnetycznych, standardowe techniki pomiaru, przetwarzania, wizualizacji i interpretacji danych w wielu przypadkach dają bardzo ograniczone możliwości detekcyjne.

Miejsca, w których prowadzono badania terenowe, wybierano w taki sposób, aby różniły się zarówno pod względem budowy geologicznej, jak i innych czynników naturalnych i antropogenicznych, co pozwalało na przygotowanie bardziej uniwersalnej metodyki pomiarowo-interpretacyjnej do detekcji i monitoringu obiektów stochastycznych. Dla zwiększenia możliwości detekcyjnych metody GPR, wykorzystano w pracy tzw. „naturalny marker wodny” w formie wód wsiąkowych przedostających się do ośrodka gruntowo-wodnego.

Pomiary georadarowe prowadzono za pomocą klasycznego profilowania refleksyjnego i prędkościowego z wykorzystaniem zarówno fal odbitych, jak i rozproszonych. W wielu analizowanych w pracy przypadkach klasyczne pomiary dawały rejestracje trudne do jednoznacznej interpretacji, więc zaproponowano niestandardowe badania zmiennooffsetowe i zmiennopolaryzacyjne oraz zmodyfikowane profilowania prędkości. Analizowano również przydatność tomografii prędkościowej i tłumieniowej oraz otworowego profilowania refleksyjnego do detekcji stref spękań w górotworze.

Standardowe przetwarzanie danych pomiarowych nie dawało satysfakcjonujących wyników, dlatego w pracy zaproponowano zaawansowane przetwarzanie cyfrowych danych

pomiarowych z zastosowaniem m.in. technik przetwarzania obrazów, co pozwoliło na znacznie lepszą ekstrakcję użytecznych informacji z echogramów.

Na etapie interpretacji zastosowano modelowanie numeryczne, które pozwoliło wyznaczyć z echogramów syntetycznych te cechy sygnałów, które mogą być wskaźnikami obecności w ośrodku geologicznym obiektów stochastycznych. Zaproponowano nowatorską technikę konstrukcji echogramów sumarycznych i różnicowych z zastosowaniem wizualizacji energii sygnałów georadarowych oraz wprowadzono technikę inwersji energii i operacji światłocieniem. W wielu miejscach badań interpretację prowadzono dla trójwymiarowego (3D) zobrazowania anomalii, a w wybranym miejscu przeprowadzono również analizę przestrzenno-czasową (4D).

TOMISŁAW GOŁĘBIEWSKI

Application of the GPR Method for Detection and Monitoring of Objects with Stochastic Distribution in the Geological Medium

Summary

In the book, possibilities and limitations of detection and monitoring of stochastically distributed objects in the geological media with the use of GPR technique were analysed. Only the objects which pose a threat to human beings and infrastructure were chosen for the analysis and they were named “stochastic objects”. There are many different objects which may be classified as a stochastic objects, i.e.:

- liquid contaminations migrated in the geological medium; as an example of this group, hydrocarbon contamination, called LNAPL (*Light Non-Aqueous Phase Liquid*) was analysed;
- loose zones in the ground and some anthropogenic structures located on the ground; as an example of this group, dangerous loose zones in the river embankments were analysed,
- fractured zones in the rock-mass; as an example of this group, fractures induced by mining activity were analysed.

When stochastic objects appear in the geological medium, i.e. objects with stochastic distribution and stochastically changed geometry and electromagnetic properties, standard techniques of surveys, processing and interpretation deliver only limited possibility of data interpretation.

The geological setting and other natural and anthropogenic features in the sites selected for GPR surveys were different, therefore the methodology prepared for measurement, processing and interpretation seems to be an universal methodology for detection and monitoring of stochastic objects. In order to make the GPR measurements more effective a “natural water marker” which was fresh water, was applied during terrain surveys.

GPR measurements were carried out as a standard reflection and velocity profilings and reflected and scattered waves were recorded. In many sites standard techniques of measurements delivered radargrams which interpretation was ambiguous; therefore in the book, non-standard changeable-offset and changeable-polarisation measurements were proposed. Additionally, GPR borehole reflection profiling and velocity and attenuation tomography were used for fractures detection in the rock-mass.

Standard processing of GPR data did not deliver satisfying results, therefore in the book, an advanced processing of digital data and digital pictures in form of matrix was proposed; such advanced processing allowed to extract from the radargrams information useful for further interpretation.

At the stage of data interpretation, a numerical modeling was used for assuming such attributes of GPR traces which might be the indicators of anomalies recorded for stochastic objects.

A new technique of georadar data interpretation was proposed in the book; this technique was based on differential and summed radargrams presented in the form of energies distribution. In order to obtain better visualisation of anomalies, two additional techniques were applied, i.e.: method of energy inversion and shading algorithm. For many sites three-dimensional (3D) visualisation was prepared and for some selected sites a time-space analysis (4D) was carried out.