

МОНІТОРІНГ СТРУКТУР МАСИВІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОРАДАРІВ НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ПРИ ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ ГАЗОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ

*В.Ю. Медяник, М.М. Довбніч, Д.В. Янкін, Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет», Україна*

Розглянуто сучасні питання при підземній розробці газовугільних родовищ. Проведено систематизацію узагальненої інформації з наглядового моніторингу за структурами масивів гірських порід із застосуванням георадарів нового технічного рівня на нових горизонтах. Зроблені підсумкові висновки для прогнозування і безпечного відпрацювання родовищ корисних копалин підземним способом.

Вступ. Подальше відпрацювання розкритих та підготовлених газовугільних родовищ потребує нових підходів до прогнозування і планування безпечного ведення гірничих робіт. За останні роки підземна георадіолокація впевнено зайняла гідне місце серед неруйнівних геофізичних методів дослідження і контролю. Георадар штатно застосовується в промисловому і громадянському будівництві, в якості приладу контролю вже побудованих об'єктів, на водних акваторіях, автомобільних і залізничних дорогах, шахтах, в свердловинах – іншими словами, там, де потрібно отримати розріз досліджуваної середовища з високою роздільною здатністю.

Основні переваги використання георадара, при проведенні інженерних досліджень - малий час, витрачений на підготовчі роботи, оперативність видачі кінцевого результату і економічність. Для георадарного зондування потрібно мінімум простору і часу для налаштування приборів і обладнання, що є суттєвою перевагою при його використанні в умовах міських та промислових забудовах, так і при підземній розробці родовищ корисних копалин. На відміну від інших діагностуючих приладів георадар показує не тільки шуканий об'єкт, але і обстановку навколо досліджуваного об'єкта і характеристики масиву середовища, якій він вміщує.

Стан питання. Георадарне зондування дає можливість детально дослідити підземну структуру масивів гірських порід або техногенних конструкцій, що істотно зменшує витрати на буріння моніторингових свердловин або контрольно-замірювальних шпурів. При цьому роздільна здатність по просторовим координатам, що отримується в даному методі, істотно перевершує існуючі геофізичні методи досліджень (наприклад, інженерну сейсміку), що дозволяє виявити тонку структуру розрізу масиву її побудови.

Формулювання цілей статті. Суть методу георадарного зондування полягає у випромінюванні імпульсів електромагнітних хвиль при підземній розробці родовищ корисних копалин і реєстрації сигналів, відбитих від кордонів розділу шарів масиву гірських порід зондуваного середовища, що мають різні електрофізичні властивості.

За допомогою георадара можна продуктивно досліджувати являючі неметалеві середовища – покрівлю, ґрунт, повітряні та водні порожнини, де може скопичуватися метан CH_4 , або інші гази, будівельні конструкції – армовані і не армовані, конструктивні шари дорожнього покриття і багато іншого. В результаті виходить високо достовірний, безперервний розріз зондуваного середовища.

Георадіолокаційне (георадарне) обстеження проводиться за допомогою спеціального обладнання – георадара, який представляє собою електронний прилад. За допомогою георадара дослідники отримують безперервний розріз того середовища, в якій проводиться діагностика. Глибина дослідження при цьому може сягати декілька сот метрів. Запис даних експертизи здійснюється в файли, що дозволяє в подальшому проводити вивчення та диференціювання матеріалів зі застосуванням сучасного комп'ютерного обладнання, як це визначено в роботах [1-11].

Принцип дії георадара ґрунтується на принципі радіолокації – випромінювання і фіксація відображених електромагнітних імпульсів. Імпульс проводиться самим приладом і за допомогою випромінювача (антени) направляється в досліджуване середовище. Середовище

може мати неоднорідну структуру, що і відображає прилад. На підставі таких досліджень виявляються різні порожнечі і вкраплення інших матеріалів, що нас гірників і цікавить.

Постановка задач. Георадіолокація – неруйнівний метод дослідження, прогнозування стану і контролю. Метод георадіолокації заснований на явищі відображення електромагнітної хвилі від кордонів неоднорідностей в досліджуваному середовищі, на яких стрибкоподібно змінюються електричні властивості: електропровідність і діелектрична проникність. Основною величиною, вимірюваною при георадарних дослідженнях, є час пробігу електромагнітної хвилі від джерела до відбиваючого кордону і назад до приймача. Оскільки швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі в різних матеріалах різна, вимірявши час пробігу хвиль, і знаючи заздалегідь основні фізичні властивості порід у досліджуваному середовищі, можна судити про будову об'єкта. При наявності в середовищі локального об'єкта, розмір якого можна порівняти з довжиною випромінюваної хвилі, виникає явище дифракції. На радарограмах наявність локальних об'єктів, в цьому випадку, виражається у вигляді параболічних аномалій. Такі радарограми, будучи оброблені спеціальними програмами, дозволяють не тільки локалізувати об'єкт в просторі, але і уточнити деякі електрофізичні параметри досліджуваного середовища. Глибина дослідження збільшується зі зменшенням частоти зондуючого електромагнітного сигналу, однак при цьому погіршується просторове дозволена виявлення досліджуваних об'єктів.

Виклад основного матеріалу досліджень з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Несприятливими умовами для георадіолокації є наявність на ділянці робіт сильно вологих глинистих порід, з огляду на різке загасання сигналу, а також наявність в ґрунті сторонніх металевих предметів, що затрудняють виділення корисного сигналу [2].

Як правило, при георадіолокаційному дослідженні блок антен георадара переміщається по поверхні середовища (рис. 1). Випромінювання і прийом відбитих середовищем сигналів відбувається через певну відстань. Ця дистанція носить назву «крок зондування». Мінімальне значення кроку може вимірюватися лише кількома міліметрами.



Рис. 1 Переміщення по поверхні середовища комплектної системи Ground-penetrating radar (GPR).

У блоці управління георадаром міститься електроніка, яка виробляє імпульс енергії радара, який антена посиляє в масив гірських порід. У систему також входить вбудований комп'ютер і жорсткий диск, або флеш накопичувач, де дані зберігаються для подальшого аналізу.

Антену приймає електричний імпульс, що генерується блоком управління, підсилює його і передає в землю або інше середовище на певній частоті. Частота антени є важливий чинник глибини зондування. Чим вище частота антени, тим менше глибина зондування. Високочастотна антена також «бачить» дрібніші об'єкти. Правильний вибір антени є найважливішою умовою успішної зйомки. У наступній таблиці наведено частоту антени, приблизна глибина зондування і відповідна область застосування.

Після того, як антенами буде прийнятий відбитий сигнал, він надходить на пристрій реєстрації інформації; як правило, в якості реєстратора використовується ноутбук. За допомогою цього пристрою проводиться запис отриманих даних в файл. Після аналізу записаної інформації і її структурування інженер-діагност компанії, що проводить георадіолокаційну експертизу, отримує «розріз досліджуваного середовища». Інша назва цього розрізу – георадіолокаційний профіль.

Найчастіше такого роду георадіолокаційний профіль виконаний у вигляді радіограми. Радіограма являє собою масив глибин відбитих сигналів. Ще одна назва радіограми це хвильова картина, як це добре відображено у роботі [3].

В процесі польових вимірювань радарограма формується на екрані керуючого портативного комп'ютера і записується в його пам'ять тільки при переміщенні антен уздовж профілю. Для точної прив'язки даних до профілю використовувалося вимірювальне колесо, встановлене на блоці антен георадара і своїм датчиком управляє процесом вимірювання. Загальний вигляд радара, радарщика, досліджуваної території представлений на фото: Параметри вимірювання-швидкість переміщення антен, величина розгортки сигналу, величина діелектричної проникності, величина накопичення сигналу, вибиралися такими, щоб забезпечити прийнятну просторову роздільну здатність виявляючих об'єктів, глибину їх залягання при оптимальній продуктивності.

Останнім часом стало дуже популярно проведення георадіолокаційної експертизи. Такий метод діагностики є найбільш прогресивно-інноваційним способом оцінки характеристик досліджуваного середовища. Це перспективний напрямок розвитку в області геофізичних досліджень.

Гарна роздільна здатність георадара і його стійкість до викривляючих сигналів поряд з швидкістю проведення та їх економічністю робить метод дослідження дуже привабливим для сучасних керівників підприємств і організацій. Проводячи у себе на території георадіолокаційну експертизу, можливо аналізувати достовірні відомості про властивості масивів гірських порід, їх складу, знаходженні небезпечних пустот під будівлями на поверхні, або в безпосередній близькості від них, та багато іншого.

Застосування даного методу діагностики істотно скорочує витрати на проведення геологічних бурових робіт. Адже георадіолокація надає досліднику детальну інформацію про підстилаючі шари масиву гірських порід і його структури. Буріння контрольно-вимірювальних свердловин або шпурів в цьому випадку проводиться в меншій кількості і саме там, де це дійсно потрібно [3].

Висновки за результатами виконаних досліджень і коротка інформація щодо перспектив подальшого їх використання. В гірничій справі георадари необхідно використовувати гірничими інженерами для визначення безпеки гірничих робіт, вимірювання глибини залягання корінних порід, картографування піщано-гравійних покладів, встановлення якості порід, а також пошуку корисних копалин, як це відмічено у роботах [4]-[8].

Георадаррадіолокацію як самостійний геофізичний метод, так і в комплексі з іншими геофізичними методами, автори пропонують застосовувати для:

- побудови геологічних розрізів, визначення меж пластів;
- прогнозування потенційно викидонебезпечних зон тектонічних порушень;
- моніторингу стану вугільних пластів і вміщуючих їх порід покрівлі та підшви;
- випережнююче сканування масиву порід в процесі проходки виробок (транспортних, дренажних, вентиляційних виробок, лав ,тощо);
- визначення точного положення підземних об'єктів перед бурінням або початком роботи в забої;
- визначення потужності водозахисних ціликів;
- визначення рівня ґрунтових вод, зон надлишкового обводнення;
- визначення виходів корінних порід і т.д.;
- виявлення ділянок розвитку небезпечних геологічних процесів – карстових порожнин, порожнин, суфозії, зсувів, тектонічних порушень і зон тріщинуватості, зон розущільнення, кордонів лінз, пливунів;
- побудова детальних геологічних розрізів між геологорозвідувальними свердловинами;

-контроль товщини бетонних стін шахтних стволів, шурфів, пошук дефектів кріплення.

У глибоких шахтах за допомогою георадара виявляють геологічні об'єкти, які можуть стати зонами раптового обвалу породи: тріщини, розломи і зрушення. Приклад оцінки стану трещиноватості масиву гірських порід у шахті за георадарними даними приведено на рис. 2.

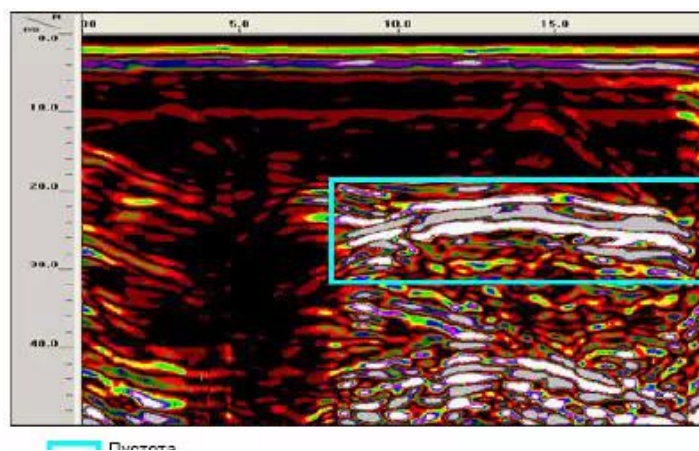


Рис2. Оцінка стану трещиноватості масиву гірських порід у шахті за георадарними даними.

Інтерес до методів георадарних досліджень ніколи не згасав, що обумовлено, як важливістю їх застосування в різних галузях, так і технологічними досягненнями в області обробки сигналів та електронних технологій у гірництві. Тепер стало можливим отримати дані про досліджувану поверхню, як підземну так і на наземну, для безпечного утримання земної поверхні від осідання, у вигляді тривимірних зображень та інтерактивних моделей, як це відображено на рис. 3

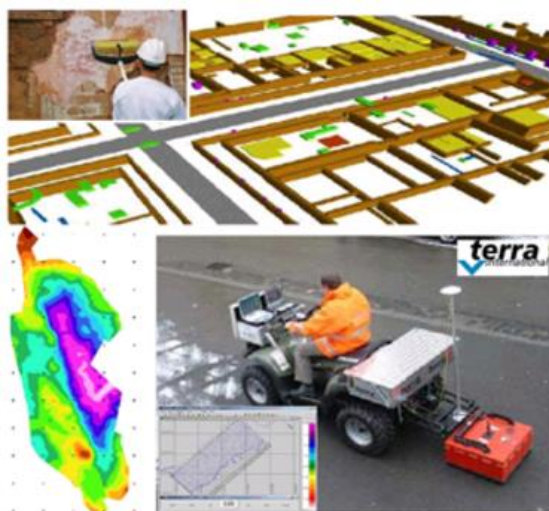


Рис 3. Отримані дані про досліджувану поверхню у вигляді тривимірних зображень та інтерактивних моделей

Список літератури:

1. Бондаренко, В.И. Угольная шахта / Бондаренко В.И., Руденко Н.К., Медяник В.Ю // Учебник для вузов" [Текст]: М-во образования и науки Украины, «Национальный горный университет», 2017. – 270 с.
2. Изюмов С.В., Дручинин С.В, Вознесенский А.С. Теория и методы георадиолокации: Учеб. пособие. — М.: Издательство "Горная книга", Издательство Московского государственного горного университета, 2008. — 196 с.

3. Harry M. Jol. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. - Elsevier Science, 2009. - 508 pp.
4. Francke J., 2012, A review of selected ground penetrating radar applications to mineral resource evaluations. Journal of Applied Geophysics 81, 29–37
5. Hatherly P., 2013, Overview on the application of geophysics in coal mining. International Journal of Coal Geology 114, 74–84
6. Jha, P. C., Balasubramaniam, V. R., Sandeep, Y. V., and Gupta, R. N., 2004, GPR applications in mapping barrier thickness in coal mines: Some case studies: Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar, Delft, The Netherlands.
7. Ralston, J., 2007, On the use of ground penetrating radar for underground coal mine roadway evaluation: Tenth Australian Symposium on Antennas, Sidney, Australia.
8. Strange, A. D., Ralston, J. C., and Chandran, V., 2005, Application of ground penetrating radar technology for near-surface interface determination in coal mining: International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2005), Philadelphia, Pennsylvania.
9. Электронный каталог [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.georadar.com.ua/?go=main&podcatid=164>
10. Электронный каталог [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://poznayka.org/s49507t1.html>
11. Электронный каталог [Электронный ресурс] Режим доступа: http://studopedia.su/10_51703_povitryane-lazerne-skanuvannya.html

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ МОНТАЖНЫХ КАМЕР В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ЗАПАДНО-ДОНБАССКАЯ»

*В.Г. Снизур, Э.В. Френцель, ПСП «Шахтоуправление «Терновское» ЧАО «ДТЭК
Павлоградуголь», Украина*

Ю.М. Халимендик, А.С. Барышников, Национальный горный университет, Украина

Рассматривается проблема крепления монтажных камер при проведении на шахте «Западно-Донбасская». Предотвращению потерь площади сечения выработки способствует совмещенный с ее проведением монтаж секций механизированной крепи, однако, такой способ требует дополнительных инвестиций. Предложен паспорт крепления с повышенным отпором крепи и анкерованием, позволяющий минимизировать потери площади сечения монтажной камеры, и не требующий монтажа секций при проведении. Показаны преимущества данного решения.

Одна из задач развития шахты «Западно-Донбасская» – ввод в эксплуатацию новых лав. Применение традиционной технологии, заключающейся в проведении монтажной камеры (разрезной печи) с последующим монтажом секций, приводило к большим затратам и длительной подготовке лав – до 10 мес. Основной причиной неэффективного перехода добычных участков на новые выемочные поля была интенсивная вертикальная конвергенция. Показатель устойчивости выработок профессора Заславского для шахты составляет от 0,4 до 1, что соответствует глубокой шахте с тяжелыми горно-геологическими условиями [1].

Чтобы увеличить добычу угля, начиная с 2005 г. на шахте был реализован ряд технических решений с таким результатом:

- средняя длина очистного забоя увеличена со 160 до 280 м (рис. 1);
- средняя длина выемочного столба возросла с 900 до 2840 м (рис. 1);
- среднесуточная нагрузка на очистной забой повысилась с 1030 до 1840 т (рис. 1);
- использованы лучшие образцы как отечественного, так и импортного оборудования;
- применено рамно-анкерное крепление горных выработок.

Интенсификация добычи угля требовала быстрого восполнения очистного фронта. Этот фактор одновременно с ограничениями инвестиций с 2013 г. вызвал необходимость пересмотра способа крепления монтажных камер.