

2. Андреев Б.Н. Технические решения по строительству и эксплуатации подземного рудника в условиях Анновского карьера ОАО «СевГОК»/ Б.Н.Андреев, С.В.Письменный, Н.Б.Андреев, И.А.Письменный, С.Е.Сергиенко, И.Г.Калапуц, А.И.Ваховский // Разраб. рудн. месторожд. Кривой Рог: КТУ. – 2006. – Вып. 88. – С. 66-72.

3. Письменный С.В. Обработка крутопадающих месторождений железистых кварцитов подземным способом под внутренними отвалами большой емкости / С.В.Письменный // Збірник наукових праць «Школа підземної розробки». – Дніпропетровськ: НГУ, 2007. – С. 285-291.

4. Сторчак С.О. Пат. 62168 UA, МКІ E21C41/06. Спосіб розробки крутоспадних родовищ корисних копалин / С.О.Сторчак, В.О.Щелканов, Ф.І.Караманіц, Б.М.Андреев, В.А.Корж, С.В.Письменний (Україна); Заявл. 02.01.2003; Опубл. 15.12.2003; Бюл. № 12.

5. Цариковский В.В. Определение и контроль допустимых размеров конструктивных элементов систем разработки рудниках Кривбасса / В.В.Цариковский, В.В.Сакович, А.В.Недзвецкий и др.// Кривой Рог: НИГРИ, 1987. – 76 с.

6. Слесарев В.Д. Механика горных пород и рудничное крепление. – М.: Углездат, 1948. – 45 с.

Рукопись поступила в редакцию 16.04.13

УДК 622.235: 622.271

В.М. ЗДЕЩИЦ, В.Д. СИДОРЕНКО, доктори техн. наук, проф.
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ВИЯВЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ПОРОЖНЕЧ В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОГО СЕЙСМІЧНОГО ПРОФІЛЮВАННЯ

Розглянутий метод спектрального сейсмічного профілювання, який дозволяє визначити неоднорідності та порожнечі в гірському масиві. Наведено результати вимірювань стану гірського масиву під автодорогою.

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Упродовж понад двох століть із надр міста Кривий Ріг (Україна) було «вийнято» близько трьох мільярдів тонн багаті руди і в десятки разів більше залістистих кварцитів. Порівняно з минулим темпи видобування корисних копалин виросли в рази. Лише за останні десятиріччя підприємства горно-металургійного комплексу міста переробили близько 500 млн т.

Природно, що внаслідок промислової діяльності регіон отримав низку серйозних екологічних проблем. За час видобування відбулися істотні зміни геологічних та гідрологічних станів навколишнього середовища. Причин безліч: шахти, кар'єри, відвали і шламосховища.

Крім того, Криворізька структура належить до зони так званого Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому, який практично досягає мантиї Землі. Ця геологічна система має вельми складну будову, зумовлену різними тектонічними процесами. Що стосується безпосередньо Кривого Рогу: місто побудоване на шести плитах жорстких кристалічних порід, які у свою чергу розбиті тріщинами на дрібніші брили, «пов'язані» між собою вельми відносно. Кожна брила являє собою окреме фізичне тіло, здатне рухатися у всіх напрямках самостійно. На сьогодні зміщення, що відбуваються в надрах криворізької геологічної структури, складають декілька міліметрів на рік. Єдине, що зв'язує брили разом, це своєрідні заціпи. Незначні коливання земної кори в будь-який момент можуть їх розірвати, генерує порожнечі.

На фоні тектонічних процесів набирають активності інші небезпечні приповерхові геологічні процеси, наприклад, провали або обвали ґрунту. У центрі міста, щонайменше, є три небезпечні ділянки, які у будь-який момент можуть обвалитися.

Є всі підстави вважати, що цей процес продовжиться, адже старі шахтні тунелі під містом провокують обвали.

Побічно створюючи відвали (навколо Кривого Рогу за весь час видобутку руди нагромадилося близько 7 млрд т «пустої» породи), ставки-накопичувачі, шламосховища, які у свою чергу мільярдотонно давлять на геологічну структуру, ми маємо повну невизначеність щодо місцезнаходження порожнин. Витік води з ставків-накопичувачів і шламосховищ спричиняє утворення нових карстових пустот.

Необхідно підкреслити, що запобігти новим провалам складно, оскільки залишається невідомим, скільки ще старих шахтних тунелів знаходиться під землею. Доведеться, по-перше, скласти карту всіх шахт, що існували в регіоні, тобто детально вивчити історичні архіви.

Розв'язати цю проблему радикально можна вирішивши насамперед два завдання: знайти ці підземні порожнечі за допомогою сучасної техніки і навчитися контролювати стан виробленого простору.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблема пошуку підземних порожнеч і нейтралізації наслідків їх деформації, переміщення і руйнувань не нова [1].

Сучасна криворізька геологічна наука не має повної картини про реальний стан справ у підземному просторі. Інформація, якою можуть оперувати криворізькі геологи, дещо застаріла.

Останні повномасштабні дослідження проводилися 40-30 років тому назад, а з тих пір картина стану геологічної системи Кривого Рогу значно змінилася.

Дослідження будови геологічного середовища зазвичай ведуть з використанням геофізичних методів (сейсмічна розвідка), заснованих на вивченні розповсюдження пружних хвиль, збуджених штучно за допомогою тих або інших джерел: вибухів, ударів і ін. Гірські породи відрізняються за пружними властивостями і тому мають різні швидкості розповсюдження пружних хвиль. Це приводить до того, що на межах шарів, де швидкості міняються, можуть утворитися відбиті, заломлені, рефраговані, дифраговані і інші хвилі, реєструючи які на земній поверхні, отримують інформацію про швидкісний розріз, а по ньому судять про геологічну будову підземного простору.

Сейсмозв'язка - найточніший метод геофізичної розвідки, що застосовується для вирішення самих різних геологічних завдань з глибиною від декількох метрів до декількох десятків і навіть сотень кілометрів. Головне призначення сейсмозв'язки - пошук і розвідка нафти і газу.

Методика сейсмозв'язки заснована на вивченні кінематики хвиль або часу пробігу різних хвиль від пункту їх збудження до сейсмоприймачів, що уловлюють швидкості зсуву ґрунту і інтенсивності хвиль. По сейсмограмах можна визначити глибини залягання сейсмогеологічних меж, їх падіння, простягання, швидкості хвиль, а використовуючи геологічні дані, встановити природу виявлених меж.

Пошук і розвідка рудних родовищ за допомогою сейсмозв'язки практично не проводяться із-за їх складної сейсмогеологічної будови.

Другий метод бачення під поверхнею землі, що виник понад 50 років тому назад, базується на використанні підповерхневої радіолокації [2].

Серійні зразки георадарів почали з'являтися на початку 70-х років. З тих пір було створено безліч георадарів, технічні характеристики яких постійно удосконалювалися. Принцип дії у різних сучасних георадарів схожий: при переміщенні приладу по поверхні землі (профілюванні) електромагнітні імпульси, що випромінюються його антеною, відбиваються від неоднорідностей ґрунту, аналізуються сканером і передаються в комп'ютер. Оброблена інформація відображається на моніторі, що дозволяє фактично бачити під землею порожнечі і різні металеві або неметалеві предмети. Але глибина зондування гірського масиву за допомогою цього методу не більше 50 м.

Тому нами розробляється новітній метод контролю стану гірського масиву - метод спектрального сейсмічного профілювання (МССП). Призначення методу спектрального сейсмічного профілювання - дати розріз земної товщі на підставі зареєстрованого спектру сейсмосигналу [3]. При цьому використовується відповідність значень власних частот ν_0 гармонійних складових сейсмосигналу потужностям h геологічних структур. На МССП-розрізах проявляються межі між породами, що розрізняються по міцності, ослабленості механічного контакту, тріщинуватості і т.ін.

Частота ν_0 - це власна частота, якою характеризуються гармонійні затухаючі коливання, що виникають в результаті ударної дії на пластину-резонатор товщини h . Коливальний процес спектрально пов'язаний з розмірами досліджуваного об'єкту і може використовуватися при визначенні геологічної будови масиву гірських порід. Врахування цього ефекту визначає будову апаратури, програму спектрального перетворення сигналу і перерахунку власних частот у відповідні потужності.

Логіка інтерпретації експериментальних даних полягає в тому, що, згідно виявленим властивостям шару-резонатора, його власний коливальний процес можна виявити тільки при безпосередньому контакті сейсмоприймача з цим шаром гірської породи. За допомогою вейвлет-перетворення будь-який процес, що змінюється в часі, може бути зображений на осі частот в спектральному вигляді.

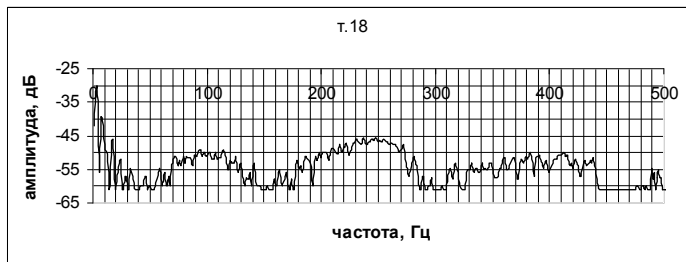


Рис. 1

мосигналу відповідає відмінності характеру зчеплення порід по кожній з меж.

Найбільш чіткі частотні межі свідчать про найменше зчеплення між породами або ділянку підвищеної порушеності гірської породи або порожнечу.

Методика ССП потенційно може бути використана до глибини 2500 м. Проте у зв'язку з обернено пропорційною залежністю між частотою і глибиною h роздільна здатність методу з глибиною зменшується.

Система реєстрації. Основою системи реєстрації в методі спектрального сейсмічного профілювання є сейсмічні п'єзо- та волоконно-оптичні датчики. Електричні сигнали з датчиків поступають на цифровий осцилограф, де запам'ятовуються. Для таких вимірювань необхідно, щоб спектр електричного сигналу, що знімається з сейсмоприймача, не відрізнявся від спектру пружних коливань в точці контакту сейсмоприймача з гірським масивом. Для здійснення спектральних вимірювань виявилось необхідним створити сейсмоприймач, який гарантує відсутність спектральних спотворень.

Вейвлет-перетворення сейсмосигналу дозволяє отримати частотний відгук, що є свого роду "паспортом" масиву в даній точці профілю. Повторне проведення вимірювань дає можливість контролювати зміни в частотному спектрі коливань гірського масиву, тобто, контролювати стан гірської породи.

Постановка завдання. Стаття присвячена результатам науково-дослідної роботи по визначенню неоднорідностей та порожнеч в гірському масиві під проїжджою ділянкою автодороги в Кривому Розі. Дослідженню підлягав відрізок полотна автодороги з асфальтовим покриттям довжиною 1600 м та шириною 12 м. Полотно дороги пролягає над виробленим простором шахти "Батьківщина" і межує із зонами обвалів. Відомостей про стан підробленої товщі і порожнеч під автодорогою не має. Для виявлення можливих деформацій полотна автодороги був застосований метод спектрального сейсмічного профілювання.

Оскільки більшість шахт розміщуються в межах міської межі, то застосовувати спеціальні вибухові пристрої для ведення спектральної сейсморозвідки з метою пошуку порожнин не представляється можливим. Але, тому що місто оточене рудними кар'єрами, де періодично проводяться масові вибухи сотень тон вибухової речовини, то необхідно скористатися цим і використовувати створювані в шахтах і кар'єрах сейсмічні хвилі для просвічування підземного простору. Для початку необхідно було уточнити величину коефіцієнта сейсмічності для кожного кар'єру та шахти в світлі застосування сучасних вибухових технологій. Це було зроблено на основі аналізу сейсмічних даних, отриманих протягом ряду років по методиці, приведеній в [5], із залученням теорії ймовірності та математичної статистики для обробки експериментальних даних.

Процес вимірювання методом спектрального сейсмічного профілювання припускає наявність джерела сейсмічних коливань, яке "просвічує" гірський масив.

У даному випадку такими джерелами були масові вибухи, що проводилися в шахті "Батьківщина". Глибина шахти - 1100 м. Для визначення мінімальної кількості вибухової речовини, вибух якої в шахті створив би сейсмічну хвилю на денній поверхні з амплітудою достатньою для реєстрації, були проведені розрахунки швидкості коливань ґрунту денної поверхні.

Швидкість коливань ґрунту v , в сантиметрах на секунду, обчислювали за формулою

$$v = k(\sqrt[3]{Q}/r)^{1.5} \quad (1)$$

де k - коефіцієнт, який залежить від характеру ґрунту, умов проведення вибухів і розповсюдження хвиль, параметрів буро-вибухових робіт тощо; Q - маса заряду вибухової речовини, або

Ілюструє метод типова спектрограма на рис. 1.

Перерахунок за допомогою основної формули спектральної сейсморозвідки [4] $h=f(v)$ дозволяє провести вісь глибин h , і тоді спектрограма набуває сенсу геологічного розрізу.

Відмінність по величині добротностей гармонійних складових сейс-

маса зарядів у групі, які висаджуються одночасно, кг; r - відстань від блоку, який підлягає висаджуванню, м.

З формули (1) була визначена маса заряду вибухової речовини Q , яка необхідна для отримання швидкості коливань ґрунту $v = 0,05$ см/с

$$Q = r^3 \left(\frac{v}{k} \right)^2 = 10^9 \left(\frac{0,05}{250} \right)^2 = 40 \text{ кг.} \quad (2)$$

Тобто, при масовому вибуху на глибині 1 км для успішних вимірювань на денній поверхні методом спектрального сейсмічного профілювання необхідно було передбачити підрив одиночного заряду масою не менше 50 кг.

Для невеликих глибин ударне навантаження робиться ударником з денної поверхні.

Результати вимірювань. Профілі МССП вздовж проблемної дороги вимірювалися на протязі року з періодом біля 15 діб. Зареєстровані в кожній точці профілю спектрограми дозволили отримати інтегральний розріз гірського масиву.

Типовий профіль МССП, отриманий за допомогою сейсмічних датчиків, для невеликих глибин наведено на рис. 2.

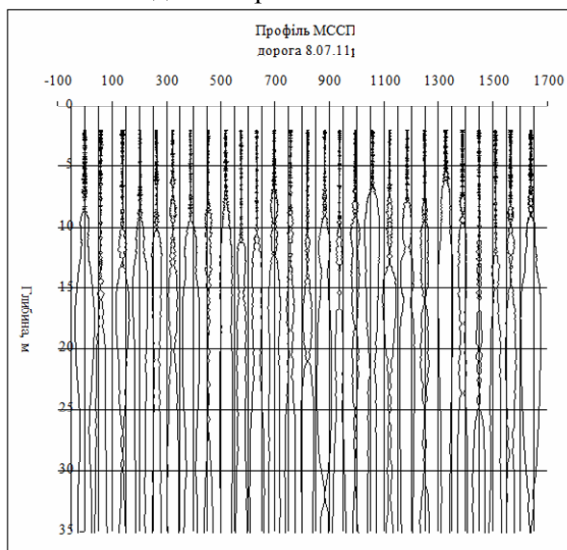


Рис. 2. Профіль МССП

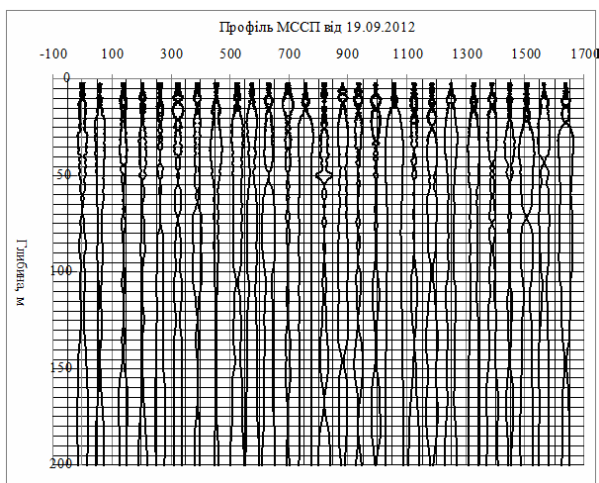


Рис. 3

На профілі явно спостерігається границя неоднорідності, яка простягається на деяких ділянках до глибини 35 м і відсутність на цій ділянці порожнеч.

Найбільші глибини неоднорідностей співпадають з руслами річок, які колись текли по цій місцевості. Тобто метод спектрального сейсмічного профілювання дозволяє однозначно виявити неоднорідності гірського масиву з денної поверхні. Суцільна лінія на рис. 2 вказує на границю неоднорідностей гірського масиву.

Профіль МССП, отриманий через 15 діб, суттєво не змінився. Перманентний моніторинг підземного простору, що знаходиться під дорогою, дозволив контролювати її стан.

У даний час методика МССП дозволяє контролювати стан гірського масиву до глибин 200 м (рис. 3).

Для дослідження більших глибин будуть використані сейсмічні хвилі, що виникають в гірському масиві при масових вибухах в кар'єрах і шахтах.

Висновки. Метод спектрального сейсмічного профілювання дозволяє будувати розрізи гірського масиву з прив'язкою до глибини залягання неоднорідностей.

Перманентні вимірювання МССП дозволяють контролювати стан гірського масиву під дорогою, попереджаючи про можливі провали.

Список літератури

1. **Паранько І.С.** Кривой Рог-потенциальная зона возникновения техногенно-природных и техногенных чрезвычайных ситуаций // Геолого-минералогический вестник. - 2005. - №1.
2. Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. Гринева А. Ю. — М.: Радиотехника, 2005. -416 с
3. **Сидоренко В.Д., Здещиц В. М., Грунтова Т.В., Рева С.І.** Розробка способу виявлення підземних порожнеч. – Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг – Вип.25, 2010. – С.61-65.
4. **Гликман А.Г.** Физика и практика спектральной сейсморазведки. <http://newgeophys.spb.ru>

5. Здешиц В. М., Несмашний Є.О., Бондурівська О. І. Методика та результати визначення рівня сейсмічного навантаження на житлові будинки при проведенні вибухових робіт на кар'єрах Кривбасу // Вісник Криворізького технічного університету, 2006. – Вип. 14. - Кривий Ріг : КТУ. - С. 144 – 147.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 681.3: 528.44

В.Д. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., О.Є. КУЛІКОВСЬКА, канд. техн. наук, доц.,

А.Ю. ПАЛАМАР, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ У КРИВОМУ РОЗІ

Наведено основні напрямки роботи в програмних комплексах, які використовуються для аналізу розрахунків грошової оцінки земель населених пунктів України та безпосередньо у м. Кривий Ріг.

Постановка проблеми. Грошова оцінка земель відноситься до однієї з найактуальніших задач у здійсненні земельної та економічної реформ в Україні. Вона виступає інтегральною характеристикою кількісних, якісних, економічних, правових, регіональних та інших показників земельних відносин і слугує основою єдиного механізму оподаткування земель та виконання інших платежів в процесі цивільного обігу земельних ділянок [1]. Під час розробки проектів грошової оцінки земель використовуються їх кількісні та якісні характеристики, карти бонітування ґрунтів, кадастрового зонування, генеральні плани та проекти планування і забудови населених пунктів, їх історико-культурного, функціонального, санітарно-екологічного, інженерно-геологічного зонування тощо. Значна кількість показників, їх просторова прив'язка та різноманітність джерел походження роблять природним застосування геоінформаційних технологій і геоінформаційних систем (ГІС) в процесі розробки проектів грошової оцінки земель та їх практичного застосування усіма суб'єктами користування та управління земельними ресурсами.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. На сьогоднішній день існує велика кількість програмного забезпечення, кожна з яких відповідає конкретному виду діяльності. Разом з тим, вирішення проблеми розвитку і вдосконалення механізму землекористування залишається однією із надзвичайно актуальних задач, тому що від ефективності функціонування системи землекористування залежить рівень добробуту населення і перспективи подальшого розвитку держави. Розвиток обчислювальної техніки і геоінформатики, оснащення землевпорядних організацій потужними комп'ютерами, периферійними пристроями, засобами цифрової картографії та фотограмметрії, поява систем автоматизованого земельного кадастру істотно змінили зміст і технологію землевпорядних робіт.

Виклад матеріалу дослідження. За останній час грошова оцінка населених пунктів України перетворилась у вид робіт, в яких найбільш повно та ефективно використовуються ГІС-технології. Закон України «Про плату за землю» [2] визначає, що грошова оцінка землі застосовується для економічного регулювання земельних відносин при укладанні цивільно-правових угод, передбачених законодавством України, яка викладається в три етапи роботи. На першому етапі визначається базова (середня для даного населеного пункту) вартість одного квадратного метра земель, яка залежить від місцезорозташування населеного пункту в загальнодержавній, регіональній та місцевій системах виробництва і розселення, рівня освоєння та облаштування території. На другому етапі базова вартість диференціюється в межах населеного пункту за економіко-планувальними зонами, які встановлюються в залежності від неоднорідності функціонально-планувальних якостей території, котрі впливають на розмір рентного доходу: різниця в доступності, у рівні інженерного забезпечення та благоустрою території, розвитку сфери обслуговування населення, в екологічній якості території та привабливості середовища. На останньому етапі визначається вартість одного квадратного метра земельної ділянки певного функціонального використання з урахуванням територіально-планувальних, інженерно-геологічних, історико-культурних, природно-ландшафтних, санітарно-гігієнічних та інженерно-інфраструктурних особливостей її місцеположення в межах економіко-планувальної зони.

Первинно комплексну економічну оцінку території населених пунктів (КЕОТ) почали виконувати у різних містах колишнього СРСР з кінця 80-х роках. На той час комплексна оцінка