

льного руху масла з протилежної порожнини Ц₄ через ЗМ4, маслопроводу 2, Р₂, К02, Ф₁ у маслобак Б₁. Після затиснення канатів у рухливих цангах Ц₄-Ц₆ здійснює підйом призабійної опалубки (відрив від бетону), а потім спуск її для закріплення чергової заходки.

Якщо необхідно здійснити підйом опалубки або холостий хід траверси з розціпленою рухливою цангою, подають масло в поршневу порожнину гідроциліндрів Г₁-Г₆. Для цього гідророзподільники Р₃, Р₄, Р₅ ставлять у положення з паралельними стрілками, чим забезпечується рух масла по трубопроводах 32,33,34 через гідрозамки ЗМ7, ЗМ8 і ЗМ9 у поршневій порожнині гідроциліндрів. У цей час відкривається шлях для витікання масла зі штокових порожнин гідроциліндрів через ті ж гідрозамки (вони двосторонньої дії) по трубопроводах 35,36,37 і розподільники Р₃, Р₄, Р₅ у трубопровід 3, а з останнього через фільтр Ф₁ у маслобак Б₁.

Висновки та напрямок подальших наукових досліджень. Перевагою цієї схеми керування по спускові й підйому призабійної опалубки є те, що вона дозволяє включити в роботу індивідуально кожний з гідропідйомників, що, у свою чергу, дозволяє ліквідувати можливі перекоси опалубки при її спуску або підйомі. Однак така схема не дозволяє робити роботу зі спуску або підйому в автоматичному режимі й вимагає ручного керування. Враховуючи всі недоліки схеми, вже ведуться роботи з розробки автоматичної схеми керування комплексом малогабаритного обладнання.

Список літератури

1. Барановский И.В., Першин В.В. Строительство и углубка вертикальных стволов. – М. Недра, 1995. с. 58-61
2. Журнал Комплекс малогабаритного оборудования. - Внешторгиздат, 1990. - С.1-9.
3. Веселов Ю.А., Задорожний А.М. Углубка стволов шахт., Справочник. - М.: Недра, 1989. - 239 с.

Рукопис подано до редакції 15.03.12

УДК 622. 271.33:550.3

Є.В. ГЕРАСИМОВА, канд. техн. наук, доц., А.В. БОЛОТНИКОВ, аспірант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ДЛЯ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ БОРТІВ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРІВ

Безпека та ефективність роботи залізрудних кар'єрів визначається методами спостережень за станом стійкості бортів. На підґрунті аналізу використання геофізичних методів спостережень у гірництві зроблений висновок про доцільність і ефективність геофізичних методів контролю за станом пустот під східним бортом Глєсватського кар'єру №1 ПАТ «ЦГЗК»

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Гірничо-геологічні умови розробки східного борта кар'єру №1 ПАТ «ЦГЗК» ускладнені наявністю неактивної зони вторинного обвалення, що утворилася внаслідок підземного відпрацювання залізних руд. У масиві, порушеному розломами і підземними гірничими виробками шахт, періодично відбуваються геодинамічні процеси зрушення, розущільнення і розтягування, тріщиноутворення, ущільнення і стиснення. Виходячи з цілей і завдань проблеми геодинамічної безпеки залізрудних кар'єрів - забезпечення надійного контролю за виникненням і розвитком деформаційних процесів, спостереження необхідно проводити сучасними геофізичними і геодезичними методами на базі високоефективних приладів і апаратури.

Постановка завдання. Метою роботи є проведення аналізу використання геофізичних методів досліджень для можливості їх застосування в районі східного борта кар'єру №1 ПАТ «ЦГЗК».

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. При розробках родовищ зі складними гірничо-геологічними умовами комплекси досліджень з метою оцінки стійкості часто містять геофізичні дослідження методом вертикального електричного зондування з використанням такого фізичного параметра як питомий опір. На практиці встановлений і є важливим факт залежності опору гірських порід від їх напружено-деформованого складу. Зрушені зсувом або вибухом породи мають значно більший опір, ніж непорушений масив. Так, на кар'єрі Мурунтау (Узбекистан) впроваджені наземні (польові) геофізичні дослідження методом електричного вертикального зондування (ВЕЗ) порід, що

складають прибортовий масив [1]. Вихідними параметрами створеної геоелектричної моделі є питомі електричні опори шарів гірських порід, їх потужність, глибини залягання, границі розділу залягання літологічних шарів. Недоліками методу є неможливість виконання дистанційних вимірювань за допомогою апаратури низької частоти.

Аналіз результатів багатьох досліджень механічних властивостей структурно-порушеного масиву гірських порід дозволяє зробити висновок, що завдання удосконалення методик вимірів та інтерпретації тріщинуватості гірських порід у техногенних системах (кар'єри, шахти, свердловини) достатньо актуальні. Одним з прямих геофізичних методів дослідження структури гірських порід є метод свердловинної відеометрії, який застосовується комплексно з традиційним методом відбору керн із свердловини.

Авторами [2] за допомогою відеометричного комплексу проведені дослідження, метою яких було встановлення у свердловинах площин ослаблення породного масиву для оцінки стійкості уступів і бортів кар'єру. Експериментальна перевірка розробленого авторами [3] відео знімального пристрою на північно-східному борту кар'єру ВАТ «ІнГЗК» визначила напрямки і перспективність подальших досліджень у цьому напрямку. Слід зазначити, що акустичні методи для визначення тріщин і пустот у масиві гірських порід потребують чималої кількості підготовчих робіт. Крім того, цей метод показує адекватні результати тільки в необводнених масивах. В обводнених масивах в результаті взаємодії випромінювання звукових хвиль з водою виникає помилковий резонанс, який не дозволяє отримати вірогідну інформацію про розташування тріщин і пустот у глибині масиву.

Широке розповсюдження отримали методи діагностики гірських порід, що ґрунтуються на дослідженні характеристик сейсмічного шуму, амплітудно-частотний спектр якого суттєво залежить від особливостей геологічної будови гірського масиву.

Як показав аналіз науково-технічної літератури з цього питання традиційно слабким місцем є оперативна обробка та інтерпретація отриманих результатів.

Викладення матеріалу. Метою геофізичних досліджень на кар'єрах є: а) встановлення меж поширення і виду деформацій гірських порід; б) виявлення зон локальних обвалень; в) визначення поточної глибини та стану підземних пустот; г) встановлення меж зон з високою ймовірністю вирвоутворення; е) своєчасне попередження працівників підприємства, що знаходяться в небезпечній зоні, про можливе обвалення гірської породи або вихід вирви на денну поверхню.

Використання геофізичних методів ґрунтується на таких положеннях:

а) питомий електричний опір порід залежить від: питомого опору мінералів, що складають породу; питомого опору рідин і газів, що заповнюють породу; тріщинуватості і пористості, структури породи; б) існує зв'язок між процесом механічного (пластично-крихкого) руйнування гірських порід і виникненням при цьому імпульсів електромагнітного випромінювання; в) зміна напружено-деформованого стану масиву гірських порід супроводжується зміною природного акустичного поля; г) перед обваленнями і зсувами гірських порід можливе крихке руйнування порід у прибортовій частині породного масиву.

Комплекс геофізичних спостережень містить: візуальний внутрішньо-свердловинний контроль (ВВК); метод геополяритонного зондування (ГПЗ); електрометричні спостереження; метод РЕЛЕПЗ (ПЕМПЗ); метод резонансно-акустичного профілювання (РАП); метод мікросейсмічного моніторингу; теплову геотомографію; метод радіолокаційного супутникового моніторингу зсувів земної поверхні. Розглянемо принцип роботи кожного з перерахованих методів.

Візуальний внутрішньосвердловинний контроль (ВВК) виділений в окрему категорію, оскільки він базується на використанні спеціалізованих технічних засобів і вирішує задачі, недоступні при використанні інших варіантів візуальних спостережень.

В основу роботи комплексу ВВК покладена ідея отримання, передачі, зберігання та обробки відеоінформації (фотоінформації). Отримана відеоінформація про поверхню свердловин дозволяє безпосередньо на місці визначати геологічну будову масиву, його структурні порушення, а також оцінювати виявлені підземні пустоти. До комплексу обладнання для виконання візуальних досліджень внутрішньої поверхні свердловин (порожнин) входять: базовий блок, що включає комп'ютер, монітор, систему управління і джерела електричної енергії; відеокамера; насадка бокового спостереження для відеокамери з джерелами світла; силові, інформаційні та керуючі кабелі.

Метод геополяритонного зондування (ГПЗ). Метод ГПЗ призначений для геофізичного дослідження земних надр шляхом реєстрації природного геополяритонного випромінювання на земній поверхні або у свердловині.

ГПЗ має принципову перевагу над методами сейсмічної розвідки, теплової геотомографії, оскільки для останнього структура надр є практично єдиним джерелом інформації, на підставі якої можна судити про наявність пустот. За допомогою ГПЗ місцезнаходження порожнин, їх глибина визначається шляхом безпосередньої обробки вимірюваного сигналу. Вивчення структури надр розглядається при цьому як джерело додаткової інформації, що дозволяє підвищувати надійність локалізації порожнин, а також уточнювати їх межі.

Електрометричні спостереження. Метод заснований на вимірюванні електричного опору порід.

Розроблена методика спостережень і обробки даних дозволяє інтерпретувати результати з урахуванням впливу опадів, переміщень обсягів гірських мас [4, 5]. Комплекс спостережень, проведених електрометричним методом, дозволяє робити висновки про розвиток локальних обвалень у масиві або про стабілізацію процесів зсуву. Цей спосіб вигідно відрізняється можливістю використання його в місцях ведення гірських робіт. Негативними сторонами є наявність промислових перешкод, можливість пошкодження спостережних профілів, великі похибки при інтерпретації результатів спостережень над ділянками масиву.

Гравіметричний метод спостереження. Гравіметрична розвідка є одним з геофізичних методів, що застосовуються при геологорозвідувальних роботах для вивчення геологічної будови території, пошуків і розвідки родовищ корисних копалин.

Фізичною основою гравіметричної розвідки є відмінність густини порід рудних і нерудних корисних копалин. Під час гравіметричної розвідки вимірюються густини гірських порід, виконуються відносні вимірювання прискорення сили тяжіння, виділяються аномалії гравітаційного поля і проводиться їх геологічне тлумачення.

Гравіметричні спостереження на кар'єрі № 1 ПАТ «ЦГЗК» виконуються вже більш 30 років. Спочатку передбачалося оконтурювання підземних пустот, утворених після відпрацювання рудних покладів під східним бортом кар'єру № 1 на глибинах від 300 м. Однак складність гірничо-геологічних умов, постійна робота механізмів, велика глибина залягання пустот в порівнянні з їх обсягом не дозволили з достатньою точністю оконтурювати в плані і по висоті порожнечі. У зв'язку з цим на кар'єрі використовується методика гравіметричних спостережень за розвитком локальних обвалень порід над підземними пустотами з метою попередження раптового утворення на поверхні вирв обвалення.

Метод реєстрації природного імпульсного електромагнітного поля Землі (РЕІЕПЗ ПЕМПЗ). Методологічною основою застосування методу ПЕМПЗ для оцінки деформованого стану гірського масиву є існування зв'язку між процесом механічного (пластично-крихкого) руйнування гірських порід і виникненням при цьому імпульсів електромагнітного випромінювання.

Ділянки обводнених гірських виробок характеризуються зниженням щільності потоку ПЕМПЗ у 1,5-2 рази. Зони стискаючих напружень відповідають підвищеним значенням ПЕМПЗ, а зони розтягування і тріщинуватості - зниженим значенням. Відносна величина аномалії дозволяє якісно судити про інтенсивність прояву стиснення або розтягування природно-техногенного середовища. Слід зазначити, що метод ПЕМПЗ буде неефективний у зсуво-небезпечних зонах стиснення і високої вологості.

Основним графічним матеріалом, представленим за результатами польових робіт, є карти еквіпотенціальних ліній та графіки величин. Аномальні зони виділяються у процесі аналізу графіків вимірних компонент поля. Реальною вважається аномалія, інтенсивність якої більша трикратної величини середньої квадратичної похибки зйомки (для амплітуд і кількості імпульсів). Аномальні зони меншої інтенсивності заслуговують уваги лише в тому випадку, коли вони підтверджуються повторними зйомками. Зони, у яких можливе вирвоутворення, мають напружений стан по замкненому контуру (коло, овал тощо), так званий крайовий ефект. Тому можна зробити висновок про доцільність застосування даного методу для визначення можливих небезпечних ділянок східного борту Глеєватського кар'єру.

Метод резонансно-акустичного профілювання (РАП). Метод використовує для отримання інформації природне акустичне поле Землі, зокрема, поле акустичного резонансу, що виникає в

товщах гірських порід під впливом різних зовнішніх факторів. Зовнішніми факторами є джерела сейсмічної активності земної кори, механічні коливання, що виникають у результаті деформацій земної товщі.

Метод мікросейсмічного моніторингу. В останні роки новим напрямом у комплексі досліджень, що сприяють підвищенню безпеки та економічної ефективності відкритих гірських робіт, стає мікросейсмічний моніторинг. Цей вид моніторингу заснований на представницькій реєстрації сейсмічних коливань від невеликих актів крихкого руйнування в прибортовій зоні породного масиву.

Однією з головних переваг мікросейсмічних методів перед іншими (маркшейдерськими вимірами, візуальними оглядами) є те, що спостереженнями охоплюється 3-х мірний об'єм порід. Метод дозволяє безперервно проводити спостереження й оперативно отримувати результати. Але ряд специфічних труднощів гальмує практичну реалізацію мікросейсмічного моніторингу.

Так створення представницької розстановки сейсмічних датчиків вимагає буріння кількох глибоких (100-200 м) свердловин; необхідно забезпечувати збереження і працездатність наземних реєструючих модулів та каналів передачі даних (зокрема, під час проведення вибухів); на етапі обробки матеріалів моніторингу необхідно виділяти й усувати імпульсні сейсмічні сигнали, пов'язані з роботою гірського устаткування та іншими зовнішніми впливами.

Метод радіолокаційного супутникового моніторингу зсувів земної поверхні. Наземні інструментальні геодезичні вимірювання за допомогою реперів дозволяють отримати значення зсувів у точках і за профілем, але побудувати достовірну безперервну карту просідань та зрушень земної поверхні на всю площу родовища за цими даними не є можливим через відсутність інформації між вузловими точками і профілями.

Ефективність методу супутникового моніторингу геодинамічних процесів визначається можливістю картографування деформацій значних за площею територій з високою точністю при відносно невисокій вартості робіт. Принципова перевага диференціальної радіолокаційної інтерферометрії перед іншими методами моніторингу вертикальних і планових деформацій полягає в прямому вимірі зсувів рельєфу, що відбулися за період між кількома зйомками. Складаються карти зсувів земної поверхні, які відображають інтегральну просторово-тимчасову структуру об'ємного поля напружень і деформацій.

У результаті проведеного аналізу геофізичних методів при розробці схеми організації систематичних спостережень за станом східного борта кар'єру № 1 ПАТ «ЦГЗК» були визначені такі критерії:

1. Теоретична обґрунтованість розглянутого методу.
2. Практичні результати застосування геофізичних методів в умовах Глєсватського кар'єру №1 ПАТ «ЦГЗК».
3. Співвідношення простоти використання методики контролю та інформативності отриманих результатів.
4. Попередній досвід застосування геофізичних методів контролю службою зсуву ПАТ «ЦГЗК».
5. Складність інтерпретації результатів досліджень.
6. Рекомендації щодо складу геофізичних методів досліджень [5].

Результати аналізу позитивних і негативних характеристик по кожному з розглянутих методів наведені в табл. 1. Склад рекомендованих методів до застосування для контролю за станом пустот Глєсватського кар'єру наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Результати аналізу ефективності методів контролю за станом пустот під східним бортом кар'єру №1 ПАТ «ЦГЗК»

Назва методу	Переваги	Недоліки
Візуальний внутрішньосвердловинний контроль	Значна інформативність, простота використання.	Відсутність можливості проведення розвідувального буріння в умовах Глєсватського кар'єру.
ГПЗ (Метод геополяритонного зондування)	Достатня інформативність, широке поширення в будівельних вишукуваннях, рекомендований ДБН А.2.1-1-2008.	Відсутність досвіду застосування для вирішення поставлених завдань. Необхідність проведення додаткових досліджень.
Електрометричні спостереження	Теоретична обґрунтованість, рекомендований ДБН А.2.1-1-2008.	Негативний досвід застосування службою зсуву в умовах Глєсватського кар'єру.

РЕІЕПЗ (ПЕМПЗ), АМТЗ (реєстрація природного імпульсного електромагнітного поля Землі)	Достатня теоретична обґрунтованість, позитивний досвід застосування в умовах Глєєватського кар'єру.	Складність інтерпретації даних спостережень.
РАП (метод резонансно-акустичного профілювання)	Достатня теоретична обґрунтованість, досвід застосування в умовах Глєєватського кар'єра	Складність інтерпретації даних спостережень.
Мікросейсміка	Достатня теоретична обґрунтованість, висока інформативність.	Відсутня можливість застосування в небезпечних зонах, відсутній досвід застосування в умовах Глєєватського кар'єру.
Теплова геотомографія	Теоретична обґрунтованість, можливість охоплення великої площі.	Застосування в умовах Глєєватського кар'єру не дало очікуваних результатів.
Гравіметричні спостереження	Простота використання, позитивний досвід застосування службою зсуву.	Відсутня можливість визначення глибини залягання пустот.
Радіолокаційний супутниковий моніторинг	Можливість охоплення великих площ при відносно невисокій вартості.	Застосування в умовах Глєєватського кар'єра не принесло очікуваних результатів.
Електронні тахеометри	Розвинуте апаратне забезпечення, відпрацьована методика робіт.	Використовується тільки для спостереження за стійкістю по профільних лініях.
Системи GPS	Розвинуте апаратне забезпечення, відпрацьована методика робіт.	Використовується тільки для спостереження за стійкістю бортів по профільних лініях.
Нові системи SSR та лазерне сканування	Високий ступінь забезпечення безпеки робіт.	Висока вартість, немає досвіду застосування на вітчизняних кар'єрах

Таблиця 2

Методи спостереження за станом пустот під східним бортом кар'єру № 1 ПАТ «ЦГЗК»

Основні (виконуються службою зсуву)	Допоміжні (виконуються за необхідності підрядними організаціями)	Рекомендовані (для контролю за стійкістю бортів, уступів і груп уступів)
1. Систематичне візуальне обстеження 2. Гравіметричні спостереження за активністю процесу «спливання» порожнин	1. АМТЗ 2. РАП	1. Візуальний огляд 2. Електронні тахеометри 3. Системи високоточних GPS приймачів

Висновки і напрямок подальших досліджень. Отже, виконуючи режимні спостереження на кар'єрі, можна з достатньою вірогідністю відслідковувати зміну напружено-деформованого стану гірських порід у часі, визначати найбільш напружені поверхні ділянок прибортових масивів протягом періоду експлуатації, а також стан стійкості бортів кар'єру. Організація комплексних геодезичних і геофізичних спостережень у рамках заданого регламенту дозволить своєчасно виявити аномальні зміни геодинамічного стану масиву в межах кар'єру і розробити технічні заходи з мінімізації економічних збитків.

Список літератури

1. А.С. Быковцев, Д.Б.Крамаровский, А.П.Биленко. Влияние разломов на устойчивость бортов карьера Мурунтау // Горный вестник Узбекистана. 1998. №2. - С.64-68.
2. С.С. Серый, А.В. Кожуховский, Е.Б. Яницкий. Опыт применения скважинной видеометрии для изучения структуры массива скальных пород // Маркшейдерия и недропользование.- №3(2009). 41. – С. 52-55.
3. А.В. Максимов, Г.И.Ткаченко, Д.В. Коробко. Метод определения трещин и пустот горных пород на железорудных карьерах // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. - Кривий Ріг: КТУ.- 2010. №25. - , С.72-76.
4. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем. - Днепропетровск, ИГТМ НАН им. Н.С. Полякова НАН Украины, 2004. - 75 с.
5. Выявление пустот в восточном борту Глєєватского карьера и разработка мероприятий по безопасному ведению горных работ в зонах его подработки подземными горными работами: Отчет по НИР (заключит.) / Министерство промышленной политики Украины ГП «НИГРИ» № ГР 0111U004428; – Кривий Ріг, 2011. – 545 с.

Рукопис подано до редакції 15.03.12