

Висновки та напрямок подальших досліджень. У роботі доведено, що розкриття нерудної фази у вихідній руді, починаючи з першої стадії подрібнення, значно випереджає розкриття магнетиту, так при крупності 65,3 % класу -0,071 мм розкриття рудних мінералів становить 27,0 %, а нерудних 40,4 %.

Встановлено, що основною проблемою при подрібненні магнетитових кварцитів ПАТ «ПВНГЗК» є виведення з циклів подрібнення не тільки відвальних продуктів, але і високоякісних магнетитових концентратів по мірі їх розкриття, що дозволить скоротити кількості стадій магнітної сепарації, підвищити вилучення заліза і рентабельність збагачувального переділу (магнітного збагачення).

Характер розподілу заліза за класами крупності в кінцевому концентраті, свідчать про необхідність мінімізації вмісту класу плюс 0,045 мм в концентраті. З цією метою руду необхідно подрібнювати до крупності 98-99% класу мінус 0,045 мм і у II та III стадії подрібнення повинна бути введена операція контрольного просівання по класу 0,045 мм.

Список літератури

1. Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И., Пилов П.И., Кириченко В.В. Учебное пособие для ВУЗов. - М.: Изд. дом "Руда и металлы", 2007. - 296с
 2. Шинкаренко С.Ф. Технология измельчения руд черных металлов. М.: Недра, 1982.-211 с.
 3. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1980. - 415 с.
 4. Маляров, П. В. К вопросу об оценке эффективности процесса измельчения руд и распределения потребляемой энергии между стадиями / П. В. Маляров, В. Ф. Степурин, Г. М. Солдатов, Н. Д. Конник // Обогащение руд. 2006. № 2. С. 3–6.
 5. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых., Высшее образование, Москва "Недра", 1985, СПГТИ(ТУ), для специальностей обогащение полезных ископаемых, 282 стр., книга.
 6. Ревнивцев Р.И. Селективное разрушение минералов /Ревнивцев В.И., Талонов Г.В., Зарогатский Л.П. и др./ Под ред. Ревнивцева В.И. М.: Недра, 1988.-286 с. 73.
 7. Karmazin V.V. Bikbov M.A., Bikbov A.A., An approach to energy saving technology of beneficiation of iron ore. MES, V.3, OPA, 2002. -P. 257
 8. Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П. Новое оборудование для дробления и измельчения материалов. // Горный журнал. - 2000. - №3. - с. 49-52.
 9. Баранов В.Ф. Диаметр барабана и производительность мельниц. // Цветные металлы. - 1978. - № 10. - с. 107-109.
 10. Андреев С.Е. О внутреннем трении в шаровой мельнице. //Горный журнал. - 1961. - № 2. - с. 62-68.
 11. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава. - М.: Металлургиздат, 1959.- 437 с.
 12. Кузнецов Г.В., Куваев Г.Н., Куваев Я.Г. Энергосберегающее управление процессом измельчения руды на основе компьютерной стохастической модели. // Материалы международной конференции «Форум горняков 2005» // том 3. – Д.: НГУ, 2005
- Рукопис подано до редакції 18.04.15

УДК 622.026: 622.271.33

М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., В.В. КАПУСТА, аспірант,
А.А. СЕРГЄЄВА, асистент, Криворізький національний університет»

ГЕОФІЗИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТІЙКІСТЮ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА КАР'ЄРІ № 1 ПАТ «ЦГЗК»

Розглянуто питання пов'язані зі стійкістю гірських порід при комбінованій розробці родовищ, покладів, рудних тіл або дільниці корисних копалин та вибір натурних спостережень. Умовами застосування комбінованих способів розробки є забезпечення безпеки ведення відкритих гірничих робіт в зоні впливу підземних розробок. Використання для цих цілей геофізичних методів спостереження дозволяє оперативну, при менших затратах часу і коштів, з досить великою повнотою охарактеризувати процес зсуву порід в гірському масиві, а також попередити раптовість виникнення воронки на земній поверхні. Вимірвальні системи для просторового визначення стійкості гірського масиву, місцезнаходження і спостереження при підземному способі видобування корисних копалин з родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин та маркшейдерського забезпечення визначення і зйомки доступних і недоступних гірничих пустот. Виконання методик спостережень значним чином зменшує вплив інструментальних похибок на точність результатів повторного нівелювання. Одним із основних джерел похибок, що впливають на результати спостережень, є стійкість геодезичних знаків та екзогенних процесів. Виходячи з поставлених завдань було проведено резонансно акустичне профілювання на кар'єрі № 1 ПАТ «ЦГЗК». Вимірювання виконувалися по

серії профілів, з кроком між точками спостережень 25 м дозволило вивчити різні фізико-механічні властивості гірських порід, проаналізувати мінливість напружено-деформованого стану гірського масиву.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Умовами застосування комбінованих способів розробки родовищ, покладів, рудних тіл або дільниці корисних копалин є забезпечення безпеки ведення відкритих гірничих робіт в зоні впливу підземних розробок. Для діючих забоїв кар'єру, працюючих гірничотранспортних приладів та персоналу представляє безпеку, головним чином, раптові обвалення порід з утворенням у кар'єрі воронок і провалів. Для рейкового транспорту та бортів кар'єру, які мають недостатній запас стійкості, можуть представляти безпеку зсуви гірських порід, які проявляються в інших формах. На міцність та стійкість гірських порід має значний вплив ведення технології гірничих робіт особливо в тому випадку, коли збільшується глибина підземних і відкритих робіт при їх поєднанні. В цьому випадку ускладнюються закономірності переміщень і деформації порід, що покривають товщу, методика спостережень за процесом їх зсуву і локального обвалення. Виконання маркшейдерсько-геодезичних спостережень у цих умовах висуває особливі вимоги до стійкості земної поверхні в зонах, де закладаються репери, котрі є вихідними (початковими) пунктами при виконанні робіт по спостереженню за зсувом порід гірського масиву. Використання для цих цілей геофізичних методів спостереження дозволяє оперативно, при менших затратах часу і коштів, з досить великою повнотою охарактеризувати процес зсуву порід в гірському масиві, а також попередити раптовість виникнення воронок на земній поверхні.

Аналіз досліджень і публікацій. Стійкість гірського масиву залежить від фізико-механічних властивостей гірських порід, форми та розмірів виробленого простору, гідрогеологічних властивостей, ведення технології гірничих робіт та інше. Фізико-механічні властивості гірських порід є основним фактором який визначає міцність та стійкість гірських порід, а також напружений стан гірського масиву від впливу гравітаційних та інших сил, критичних напружень, при яких здійснюється руйнування порід. Вимірювальні системи для просторового визначення стійкості гірського масиву, місцезнаходження і спостереження при підземному способі видобування корисних копалин з родовища, покладу, рудного тіла або дільниці та маркшейдерського забезпечення визначення і зйомки доступних і недоступних гірничих пустот розглянуто в [1-3]. За основу розроблення таких систем взято вивчення процесу формування виробленого простору з урахуванням фізико-механічних властивостей гірських порід під впливом підповерхового способу проведення гірничих робіт для гірничо-геологічних умов Кривбасу [12-14]. Вибрано оптимальні варіанти для визначення стану гірського масиву на основі спектрально-сейсмічного профілювання гірського масиву.

Постановка завдання. Швидкість розповсюдження акустичних хвиль зростає із збільшенням вмісту твердих компонентів в породі. По мінливості швидкості можна судити і про мінливість міцності гірського масиву [8-11]. Хвилі, що розповсюджуються через гірську породу, несуть з собою певну енергію. Розповсюдження через середовище інтенсивність пучка зменшується в результаті поглинання по експоненті і по ступеню ослаблення інтенсивності пучка можна судити про мінливість міцності породи. Поперечний перетин рудного тіла обмежений, тому, вимірявши часовий інтервал між приходом прямої хвилі і відбитою на межі розділу середовищ з різною міцністю визначається швидкість розповсюдження сейсмічної хвилі. Коливальний процес спектрально пов'язаний з розмірами досліджуваного об'єкту і може використовуватися при визначенні геологічної будови масиву гірських порід. Врахування цього є метою даної роботи - розглянути будову апаратури, вивчити програму спектрального перетворення сигналу та проаналізувати види та вибір натурних спостережень за стійкістю гірських порід при комбінованій розробці залізорудних покладів [1-3].

Викладення матеріалу та результати. Забезпечення стійкості гірського масиву в бортах кар'єру є важливою умовою при комбінованій розробці залізорудних покладів. Одним з важливих питань є визначення ступеню мінливості напружено-деформованого стану гірського масиву по контурам кар'єру та виробленого простору. Одним із основних завдань є вивчення процесу переміщення та деформацій земної поверхні і всієї товщі гірських порід для встановлення заходів охорони земної поверхні та інженерних споруд від шкідливого впливу підземних та відкритих робіт. Основним методом дослідження стану земної поверхні є регулярні маркшейдерські інструментальні спостереження, на основі яких роблять висновки про характер зсуву гірських

порід у різних гірничо-геологічних умовах. Отримані результати спостережень у сукупності з геологічними даними гірських порід є основою для аналізу і вивчення впливу на процес переміщення та деформацій гірських порід. Методи маркшейдерських натурних спостережень дозволяють вирішувати слідуючі завдання: фіксацію прояву порушень стійкості гірничих вироблень в конкретних гірничо-геологічних умовах кар'єру і встановлення геометричних елементів цих порушень для послідуочого обґрунтування причин деформацій та схему розрахунку; отримання інформації про переміщення та деформації; обґрунтування кінематичної схеми розвитку деформації в часі і простору; визначення фактичних контурів непорушених укосів уступів і відвалів при роботі різних машин та агрегатів [1]. Зокрема, фіксуються слідуючі данні про геометричні розміри деформацій: довжина по фронту; кут укосу до і після деформації; висота уступу (борту); ширина захвату; ширина розповсюдження; зсуви верхньої площадки; висота вертикального відриву; довжина видимої поверхні руйнування; кут нахилу до горизонту видимої частини поверхні руйнування; кут відхилення поверхні по укосу від 90° (орієнтування деформації по відношенню до верхньої бровки); порода, по якій проходить поверхня руйнування; характер поверхні руйнування.

Одним із основних і важливих параметрів зсуву гірських порід є вертикальні деформації (осідання та підняття), по яким розраховуються всі інші величини зсуву та деформацій. Достовірність визначення вертикальних деформацій, при рішенні визначених завдань, обумовлюється точністю результатів повторного геометричного нівелювання, яка залежить передусім від стійкості закладених реперів та інструментальних похибок. Виконання методик спостережень значним чином зменшує вплив інструментальних похибок на точність результатів повторного нівелювання. Одним із основних джерел похибок, що впливають на результати спостережень, є стійкість геодезичних знаків та екзогенних процесів. Виконання повторного геометричного нівелювання в умовах, де можливі техногенні впливи, ставлять питання про усунення їх впливу на стійкість реперів. Особливо актуальне це питання для кар'єру № 1 ПАТ «ЦГЗКа», який інтенсивно веде гірничі роботи в умовах підробки його підземними гірничими виробками. Зараз багато уваги приділяється вивченню зв'язку різних фізичних явищ зі зміною напружено-деформованого стану порід гірського масиву. В основу цього лежать магнітні, акустичні, радіохвильові, електричні, гравітаційні явища. Спосіб виконання буро вибухових робіт при відкритій розробці корисних копалин є найбільш суттєвим чинником, що впливає на порушення міцності порід за проектним контуром уступів. При миттєвому підриванні великого числа колонкових зарядів в вертикальних свердловинах великого діаметру зона часткового дрібнення гірських порід поширюється на 8-10 м за зону повного подрібнення, породи із якої видаляються екскаватором. Після виїмки екскаватором розпушеної підірваної маси в уступах залишаються породи міцність яких значно менша природній міцності масиву і уступи не мають постійного кута нахилу, а берми не мають постійної ширини.

При масових вибухах високих та крутих укосів під впливом сейсмічних коливань змінюється напружений склад масиву, що зменшує сили зчеплення по найбільш слабкій поверхні та при невеликому запасі стійкості може привести до раптового обвалення борту кар'єру. Сейсмічний ефект можливо зменшити використанням короткоуповільненого підривання при підході уступів до граничного положення, починаючи з довжини 30-50 м. Найбільш ефективним засобом зниження подрібнення порід за граничним контуром та сейсмічної дії вибуху є контурне підривання. При підриванні свердловин зменшеного діаметру с кутом нахилу $60-70^\circ$ різко зменшується розміри зони деформації. Це особливо важливо для глибоких кар'єрів з довгим терміном дії виробок. Аналіз впливу мінливості кута укосу уступу на генеральний кут нахилу борту показує, що при збільшенні кутів укосів уступів на $5-10^\circ$ кут нахилу борту збільшується на $4-8^\circ$, при цьому зменшується об'єм розкривних порід [2]. Окрім того, сейсмічний метод вельми ефективний при вивченні сейсмічного впливу вибухів на стійкість поверхневих споруд і підземних гірничих виробок, але використання його для вивчення процесів зсуву гірських порід і контролю за розвитком локальних обвалів в умовах спільного відпрацювання скрутне в зв'язку з тим, що сейсмічні прийоми і комутаційні дроти повинні розташуватися в цьому випадку безпосередньо в зоні ведення гірничих робіт.

Найбільший інтерес для маркшейдерії представляє можливість ультразвукового методу при вивченні тріщинуватості гірських порід, яка є однією з найбільш важливих гірничо-технологічних характеристик порід масиву, що розробляється [3]. Розрахунки, які пов'язані при

підземній розробці зі стійкістю камер, при відкритій - зі стійкістю уступів і бортів кар'єру, проводяться з урахуванням показників тріщинуватості породного масиву.

В більшості випадків гірські породи володіють радіоактивністю, що визначається присутністю урану і торію з продуктами їх розпаду або радіоактивного ізотопу калію. Вимірюючи інтенсивність штучно викликаного випромінювання, визначаємо властивості гірських порід, їх склад, порушення та вирішуємо цілий ряд гірничотехнічних і маркшейдерських завдань, що пов'язанні з визначенням щільності [4].

В реальній обстановці на результати геофізичних спостережень впливає маса чинників, що заважають: неоднорідність фізичних властивостей і неправильна форма аномальних об'єктів, рельєф місцевості, промислові перешкоди, незакономірний (випадкове) розташування пунктів спостереження по відношенню до шуканим аномалій і т. д. Тому рішення різноманітних геологічних завдань вимагає використання всього арсеналу геофізичних методів, що досягається їх раціональним спільним використанням або комплексуванням. Завданням комплексування є вибір найбільш обґрунтованих шляхів вирішення конкретних завдань в мінімально короткий термін і з найменшими витратами (при забезпеченні заданої точності та створенні певної системи надійності).

У натурному експерименті сейсмометрична апаратура розміщувалася на горизонті мінус 1180 м на відстані 28 м від чотирьох вибухових накладних зарядів по 750 г вибухової речовини кожен. Час затримки вибухів один від одного складав 0,1-0,5 с. Запуск осцилографа здійснювався від датчика вертикальних коливань. Поріг запуску-40 мВ по фронту наростаючого сигналу. Чутливість по вертикалі-200 мВ/поділку.

Отримано сейсмограми приведено на рис. 1-3. З осцилограм видно, що максимальна швидкість коливання породи виникла в районі відмітки 0,15 с. Час приходу максимальної по амплітуді хвилі дорівнював 152 мс. За даними промислових досліджень відмінність в приході поздовжньої хвилі (X) складало 8 мс, а поперечної (Y)-4 мс. Це підтвердило висновок про те, що по різниці швидкостей можна визначити пористість (міцність) гірської породи.

Порівнюючи форму сигналу з датчиків можна зробити висновок про наявність відбитих від межі розділу середовищ з міцністю $f=5-7$ (рудне тіло) і $f=8-12$ (граніт) сигналів, розділених 8 мс. При швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі 4 км/с межа рудного тіла знаходиться на відстані 25 м від прямої, що сполучає епіцентр вибуху - точку спостереження (місце установки датчика поперечних хвиль) [11-13].

Виходячи з поставлених завдань було проведено резонансно акустичне профілювання на кар'єрі № 1 ПАТ «ЦГЗКа». Вимірювання виконувалися по серії профілів з кроком між точками спостережень 25 м. Для спостережень був обраний плоский датчик, який встановлювався на поверхню забитого в ґрунт металевого клапана і притискався акумулятором вагою 2 кг. Оскільки глибина досліджень за різними профілями становила до 1000 м, то для вимірювань були обрані частоти дискретизації 1028 Гц.

Довжина записуваного акустичного сигналу була обрана рівною 8192 відліків. Роздільна здатність методу при роботі з такими параметрами становить 22 м на глибині 1000 м. Верхня межа спостережень при таких параметрах зйомки складає близько 4,9 м.

Прокладка профілів спостережень, зняття координат і висот точок геофізичних спостережень виконувалося згідно умов.

При обробці отриманих даних в результати спостережень вводилася поправка за висоту точок спостережень. Поверхневі вимірювання проводилися в складних гірничих умовах кар'єру, де не припинявся виробничий процес.

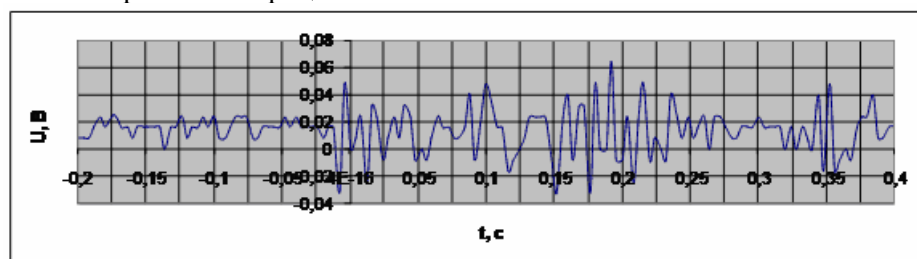


Рис. 1. Сейсмограма вертикальні Z-коливання

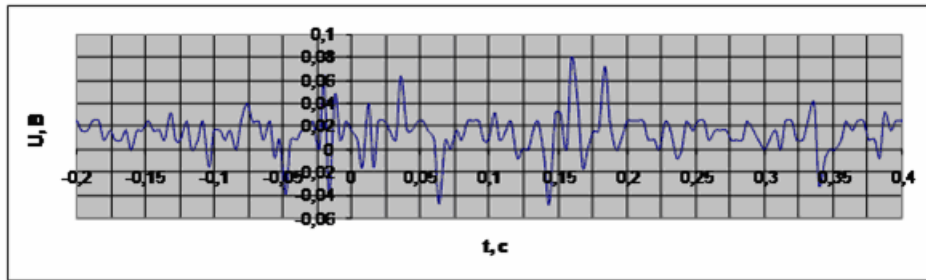


Рис. 2. Сейсмограма горизонтальні X-коливання

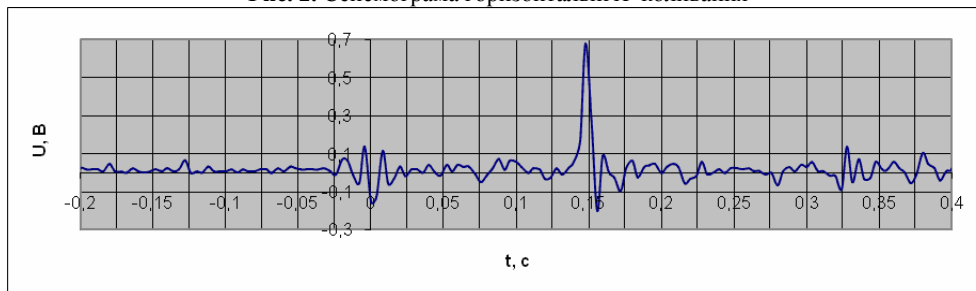


Рис. 3. Сейсмограма горизонтальні Y- коливання

Тому на тлі акустичного сигналу присутні частоти викликані працюючими механізмами, машинами, поривами вітру, електромагнітним полем електроліній. Ці фактори враховувалися при обробці первинного матеріалу і їх негативний вплив було зведено до мінімуму. Інтерпретація даних РАП проводилася на підставі аналізу акустичних аномалій і їх інтенсивності, що вказує на активність процесу.

Ділянки підвищеного розшарування порід, зон тріщинуватості, ділянки обводнення, зони тектонічних порушень виділено на геомеханічних РАП-перерізах за підвищеною насиченості та інтенсивності колірної гами. На рис. 4 показано основні типи аномалій, що виділяються методом РАП і пояснюють основні принципи їх інтерпретації.

Аномалії типу «1» - горизонтальні і субгоризонтальні поверхні ослабленого механічного контакту, відповідають кордонам літологічних різниць. Аномалії типу «2» - ділянки знижених значень амплітуд спектрів акустичних сигналів.

Найімовірніше - відповідають ділянкам сформованій структурою прошаруватості (пухкі, що перекривають відклади, зони вивітрювання порід і т. д.). Аномалії типу «3» - вертикальні і субвертикальні зони підвищення амплітуди спектрів акустичних сигналів.

Найбільш інтенсивні зони в геомеханічному перерізі відповідають зонам підвищеної тріщинуватості і розшарування порід перерізу, можливо - обводнені.

Найімовірніше - відповідають зонам тектонічних порушень. Аномалії типу «4» - високо інтенсивні аномалії спектра в більш глибинних частинах перерізу відповідають зонам підвищеного розшарування і тріщинуватості порід, найімовірніше - обводненими.

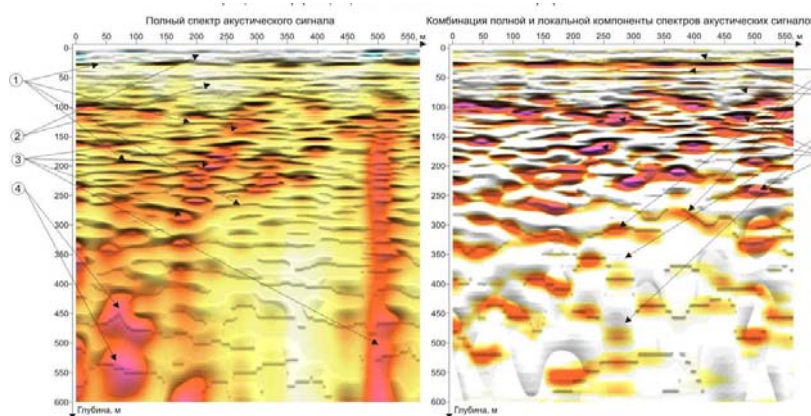


Рис. 4. Типи аномалій, що виділяються методом резонансно-акустичного профілювання

Іноді буває корисним проводити окрему інтерпретацію результатів обчислення повної та локальної компонент спектра акустичних сигналів, так як локальна складова більш детально виділяє характеристики розшарування геомеханічного перерізу.

Інтерпретація отрима-

них результатів резонансно-акустичного профілювання (РАП) проводиться у відповідності з основними принципами інтерпретації: зони ослабленого механічного контакту порід в методі РАП відповідають підвищеним значенням спектрів акустичних сигналів; підвищені значення спектрів акустичних сигналів відображаються більш інтенсивною кольоровою гамою; чим нижче механічна міцність виділяються поверхонь ослабленого механічного контакту, тим більш інтенсивним кольором вони відображаються на кольорових геомеханічних РАП - перерізах. Кольоровий переріз за профілем № 7 представлено на рис. 5.

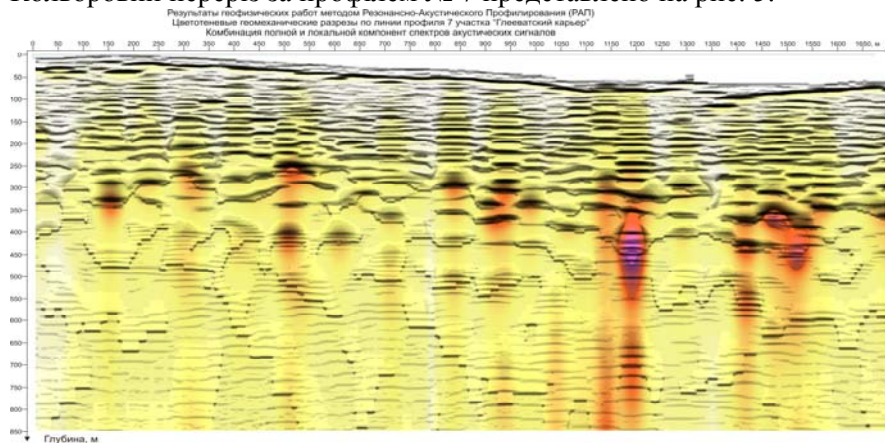


Рис. 5. Кольорово-тінюві геомеханічні перерізи по лінії профілю № 7 ділянки кар'єру

Виходячи з принципів тлумачення аномалій РАП, в геомеханічних перерізах переважають аномалії 3-го типу, яким відповідають вертикальні і суб-вертикальні зони підвищення амплітуди спектрів акустичних сигналів.

Найбільш інтенсивні зони в геомеханічному перерізі відповідають зонам підвищеної тріщинуватості і розшарування порід перерізу, можливо обводнення і ймовірно відповідають зонам тектонічних порушень.

В результаті проведених робіт були виявлені два типи аномальних зон: зона активних при поверхневих розуплотнень з підвищеними значеннями резонансного сигналу на глибині до 200 м; зона підвищеної тріщинуватості і зсування з активним розуцільненням на глибині більше 200 м.

Аномальні зони першого типу становлять найбільшу небезпеку у зв'язку з можливим виходом воронки обвалення.

У східному борту кар'єра виділяється 4 таких аномалії.

Перша знаходиться в зоні впливу підземних виробок шахти «Більшовик» маркшейдерські осі 60-100 південніше існуючої воронки обвалення.

Обмежена зонами впливу двох розломів складної конфігурації. Південь зони розташований на кордоні цілику - вироблений простір, північ спирається на проекцію зони розлому, що перетинає вироблення на глибині 500 м.

Ділянка примикає до вирви обвалення відзначається підвищеною тріщинуватістю і процесами зсування. Між розломами вироблення дворівневі з великою потужністю відпрацьованих камер (до 100 м).

Висновок та напрямок подальших досліджень. Отже, використання різних геофізичних методів спостереження дозволяє вивчити різні фізико-механічні властивості гірських порід, проаналізувати мінливість напружено-деформованого стану гірського масиву від впливу гравітаційних та інших сил, критичних напружень, при яких здійснюється руйнування порід.

Кожен з цих методів має свою область застосування, апаратурну особливість, точність вимірювання інформаційних параметрів, але використання геофізичних методів спостереження у сукупності з традиційними маркшейдерсько-геодезичними спостереженнями дозволяє забезпе-

чити ефективно та безпечно використання різних способів та систем розробок корисних копалин.

Список літератури

1. **Бердичевский Н.П., Кобзова В.М., Билинский А.И.** Физическое моделирование в геоэлектрике. Киев; «Наукова думка», 1987.
2. **Демин А.М.** Закономерности появления деформаций откосов в карьерах. М.; «Наука», 1981 -144 с.
3. **Здешиц В.М., Сидоренко В.Д.** Сучасна техніка виявлення підземних порожнеч / Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг: КТУ. - Вип. 29, 2011. - С. 59-64.
4. **Здешиц В.М.** Виявлення підземних порожнеч в гірському масиві методом спектрального сейсмічного профілювання / **В.М. Здешиц, В.Д. Сидоренко** // Гірничий вісник. - 2013. - Кривий Ріг - Вип. 96. - С. 93-97.
5. Инструкция по наблюдениям за движением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. / М-во. цвет. мет. СССР. Горное управление: Введена 03.07.86. - Разработана ВНИМИ, ВНИПИГорцвет. - М.: Недра, 1988. - 112 с.
6. Инструкция по производству маркшейдерских работ. - М.: Недра, 1987. - 240 с.
7. **Монахов А.В., Сазонов А.В., Шолох Н.В., Яковенко А.Л.** Развитие процесса сдвижения при отработке слепых рудных залежей в Криворожском бассейне // Вісник Криворізького технічного університету. - 2011. - Кривий Ріг - Вип. 29. - С. 82-87.
8. Направления дополнительного совершенствования маркшейдерского обслуживания разрезов с применением микрокомпьютеров / **М. Маждраков, Г. Трапов, Т. Трендафилов** и др. // Сб. Прогноз и принципы создания АСУ, - София: Шахты, 1985.
9. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. Ленинград: ВНИМИ, 1975. - 68 с.
10. **Сазонов В.А., Сосик Д.И.** Геофизика в маркшейдерском деле. М.; «Недра», 1989 - 120 с.
11. **Сидоренко В.Д., Федоренко П.Й., Шолох М.В.** Автоматизація маркшейдерських робіт: Навчальний посібник. -2-е вид., перероб. і доп. Кривий Ріг: Мінерал, 2006. - 344 с.
12. **Сидоренко В.Д., Шолох Н.В.** Использование GPS-аппаратуры для наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности в Кривбассе / Збірник доповідей науково-технічної конференції «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» 18-22 травня 2004 р., том 1, Кривий Ріг, КТУ, 2004, С. 97-100.
13. **Стрельцов В.И., Могильный С.Г.** Маркшейдерское обеспечение природопользования. - М.: Недра, 1989.
14. **Шолох М.В.** Дослідження впливу близьких до поверхні пустот на експлуатацію залізрудних родовищ Кривбасу / М.В. Шолох, К.С. Єлезов // Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг, 2011. - Вип. 28. - С. 39-43.
15. **Baranowski M.** Zastosowanie fotogrametrii w miernictwie podziemnym / **M. Baranowski** // Prz. gorniczy. - 1974. - Vol. 30. - № 11. - P. 571-577.
16. **Herzinger C.M.** Ellipsometric determination of optical constants / C. M. Herzinger, B. Johs, McGahan and J. A. Woollan. - 1995. - 123 p.
17. Deeper open pits // International Mining. - № 10. - 2009. - P. 52-55.
18. New issues in PC graphics Mc Nierney E. D. "Dr. Dobb's J." 1986, 11, № 11, 30-32, 35-36, 38.
19. **Sloan S.** A fast algorithm for constructing Debaunay triangulation in the plane.- In: Adv. Eng. Software, Vol. 9, № 1, 1987, P. 34-55.

Рукопис подано до редакції 18.04.15