

УДК 622.831

Наслідки дії інтенсивних технологічних впливів на комплекс очисних виробок при видобуванні залізняка системами камер із твердіючою закладкою

Белкин І. Д.

ТОВ «Спецахтбуд», Дніпрорудний, Україна

Анотація

У статті виконаний аналіз обставин, при яких відбулися аварійні обвалення рудного масиву в бурових і відрізних виробках Запорізького залізрудного комбінату, та позначені найбільш вірогідні причини цих аварій.

Вступ. ЗАТ «Запорізький залізрудний комбінат» (ЗАТ «ЗЗРК») розробляє рудні поклади Южно-белозерського родовища багатого залізняку. Родовище є магнітною залізрудною аномалією, яка була виявлена в 1948 році, з 1955 року була почата розвідка родовища і в 1960 були затверджені запаси в обсязі 276 млн. т до глибини 1200 м.

Багатий залізняк розвивається серед сланців і залістистих кварцитів. Падіння родовища круте 65–75°. Руди родовища відносяться до гематито-мартитовим і представлені мартитом, дисперсним гематитом і залізною слюдкою. Середній вміст заліза в руді – 60 %, в кварцитах – близько 37 %, в сланцях – 15 %. Міцність руди за шкалою проф. Протод'яконова – 3–8, кварцитів – 10–16, сланців – 5–8, природна вологість 2,7 %.

Підготовка рудного тіла до відріткту здійснюється етажними і підетажними горизонтами. Перші виконують функції концентраційних відкочувальних горизонтів, другі, – допоміжні, в основному для оббурювання рудного масиву. В даний час ведуться роботи з підготовки поверху 840–940 м. Відбійка основних запасів очисних камер проводиться на компенсаційні вертикальні відрізні щілини віяловими комплектами глибоких свердловин діаметром 89–102–105 мм, що оббурюються верстатами НКР-100М і самохідними буровими установками «Simba» з підетажних бурових ортів. Розкриття відрізних щілин проводиться на відрізні підняттеві паралельними висхідними і низхідними свердловинами (частково віялами), що оббурюються з підетажних бурових виробок і відрізних заходок верстатами НКР-100М. Випуск руди з камери на відкочувальний (вантажний) горизонт здійснюється через воронки або траншеї випускного днища.

Особливістю технології ведення гірських робіт на підприємстві (як очисних, так і підготовчих) є широке застосування самохідної бурової і прибирально-доставочної техніки, що вимагає проводити виробки таких розмірів, які задовольняють умовам проходження ними самохідних машин. Ця особливість ведення гірських робіт враховувалася при створенні спеціальних типових паспортів кріплення протяжних виробок і їх сполучень, які були розроблені Державним науково-дослідним гірничо-рудним інститутом (ДНДГРІ) і з 2002 року введені в дію на ЗАТ «ЗЗРК».

На ОАО «ЗЗРК» видобуток руди ведеться етажно-камерною системою розробки з закладанням виробленого простору твердіючою закладкою [1]. Вживані склади закладної суміші такі, що практично не дають усадки. Такий спосіб ведення видобутку призводить до того, що підготовчі виробки горизонтів, що знаходяться нижче горизонту закладки, пройдені в розвантаженої зоні під захистом закладки.

Проте, не дивлячись на це, у виробках ЗЗРК в період з 2004 по 2009 роки мали місце ряд аварійних ситуацій, пов'язаних з обваленням порід покрівлі і бортів виробок, розташованих саме під захистом закладки.

Метою цієї статті є аналіз обставин, за яких відбулися ситуації втрати стійкості бурових і відрізних виробок ЗАТ «ЗЗРК», пов'язані з обваленнями рудного масиву з їх покрівлі і боків, та виявлення чинників, які є найбільш вірогідними причинами цих аварій.

Виклад основного матеріалу. У вказаний період крупні аварійні обвалення порід контуру відбулися в наступних виробках.

У відкочувальному орті 14ю гор. 640 м (площа перерізу 9,07 м²) на ділянці завдовжки 3,3 м між західками установок вібровипуску руди ПШВ-1 і ПШВ-2, що обслуговують випуск руди з камери 0/15ю, в 2004 році відбулося обвалення гірської маси з південної стінки орта в обсязі до 1,5 м³. Борт і покрівля орта в місці обвалення були представлені гематит-мартитовою рудою, шаруватою, слабкою тріщиноватістю. По південному борту в місці вивалу спостерігалось водопроявлення, інтенсивністю від потіння до струменевого. Вивал відбувся на ділянці локального водопрояву. Обводнення ділянки вивалу почалося з наближенням торця камери до лежачого боку рудного тіла. До вивалу фільтрація води відбувалася в позакріпному просторі по природних тріщинах. Спостережувана

Картина оголення, що спостерігалась безпосередньо після вивалу виявила, що істотного ослаблення структурних блоків і прошарків не було, тоді як їх поверхні виявилися послабленими, особливо по гематитових прошарках, які схильні до набухання і розм'якшення, і як наслідок – до пониження міцності. Це призвело до послаблення контактів між структурними блоками рудного масиву.

Ділянка відкочувального орта, на якому відбулося обвалення, була закріплена шаром набризкбетонного кріплення, який обвалився разом з рудною масою, при цьому до вивала в покрівлі виробки мали місце відшаровування набризкбетону, виникнення «заколів». В даному випадку шар кріплення відіграв роль екрану, який перешкодив своєчасній оцінці ступеня послаблення рудного масиву, оскільки при обборці «заколів», яка відбулася за нетривалий час до вивалу, будь-яких чинників, що загрожували б обваленням, зафіксовано не було.

Орт 14ю гор. 640 м був проведений разом із заходками під віброустановки ПШВ в 2002 році, камера 0/15ю в розробці з 2003 року і на момент вивалу (2004 рік) прийняла свої проектні розміри, при цьому випуск руди здійснювався з 2003 року, тобто за рік до цього почалася дія інтенсивних вібраційних впливів на ділянку виробки, де з часом стався вивал.

Ще один випадок аварійного обвалення гірської маси з контуру виробки стався в 2005 році при спорудженні зарубки траншейного орта з траншейного штреку камери 2/19ю гор. 735 м. Зарубка орта площею перерізу 6,7 м² виконувалася БПР-способом. Вивал відбувся з п'яти склепіння траншейного штреку в місці примикання заходки під віброустановку до траншейного штреку. Поверхня вивалу представлена зворотньопадаючою тріщиною, що перетинається з тріщиною розшарування. Обидві тріщини виконані перетертим гематитовим матеріалом потужністю до 1,0 мм, схильним до розмокання, що викликало утворення заколу у вигляді масивної плити. Згідно прийнятої на ЗАТ «ЗЗРК» методиці вибору способу підтримування, виробці була додана склепінчаста форма, а кріплення орта не передбачалося зважаючи на незначний (до 18 місяців) термін його служби. При проведенні траншейного штреку, з якого проводилася зарубка траншейного орта, мав місце прояв нестійкості рудного масиву, оскільки в місці примикання штреку до заходки під віброустановку утворилося розширення у вигляді уступу в плані, яке було підкріплено трубчастими анкерами, деформовані залишки яких були помітні в районі вивалу. Слід зазначити, що в камері 2/19ю в період, передуючий роботам в траншейному штреку, проводилися вибухові роботи, а поверхня вивалу і гематитовий матеріал на глибі, що вивалилася з покрівлі, на момент огляду місця аварії були зволожені.

У травні 2006 року мало місце обвалення маси руди із склепіння сполучення бурового орта 8ю+15 з відрізним штреком камери 2/7ю гор. 810 м при проведенні робіт з підготовки віяла свердловин камери до масового вибуху. Сполучення, в якому відбулася аварія, було пройдене в 2003 році і на момент проходки закріплено комбінованим кріпленням з трубчастих анкерів у покрівлі, завдовжки 1,6 м (використаних як тимчасове кріплення), і набризкбетону

товщиною 60 мм, відповідно до паспорта кріплення. Масив в місці обвалення представлений рудою гематит-мартитовою, мартит-гематитовою (співвідношення 1:1), тонкошару-ватою, міцністю $f=3-5$, слабкої тріщинуватості (тріщини III порядку, що взаємно пересікаються), середньої стійкості. По всій поверхні покрівлі сполучення спостерігався капіж інтенсивністю 30–40 кап./хвил. Набризгбетонне кріплення в покрівлі і стінках орта на відстані до 1,0–1,5 м від сполучення зволожено, спостерігвся капіж. Безпосередньо у місці вивалу у покрівлі сполучення утворився купол, по поверхні при огляді якого добре відстежувалися структурні блоки руди, що оконтурені в тріщинами. До того ж ці рудні блоки змінювалися ділянками дрібніших блоків. Поверхні оголень були представлені площинами порушень по природних і наведених вибухами тріщинах. Свіжі оголення мартитових і гематит-мартитових руд були вкриті нальотом окислення мартиту під впливом шахтної атмосфери і води, що свідчить про прояви вивітрювання в приконтурних частинах рудного масиву. Крім того, за спостереженнями гідрогеологів, весь час існування сполучення (з 2003 року по 2006 рік, коли відбулося обвалення) у ньому спостерігається безперервний площадковий водопрояр у формі капежу.

У покрівлі сполучення на ділянці, доступній для огляду, як зі сторони висячого боку, так і з лежачого боку, спостерігалися пошкоджені частини трубчастих анкерів, набризгбетон був відсутній. Характер установки деяких з анкерів (хвостова частина направлена згідно з напрямом проведення відрізного штреку) указує на те, що при проходці сполучення в 2003 році також мав місце вивал. Слід також відзначити, що в камері 2/7ю в попередній період вже проводилися масові вибухи по інших віялах свердловин.

Вибір паспорта кріплення даного сполучення проводився згідно існуючої на ЗАТ «ЗЗРК» методики, яка передбачає вибір способу підтримання виробок, пройдених під захистом закладки, здійснювати без урахування напруженого стану масиву за категорією стійкості порід, встановлюваною геологічною зйомкою. Для умов проведення сполучення, зафіксованих в паспорті (слабка тріщинуватість, середня стійкість масиву) методикою рекомендується спосіб підтримування – додання покрівлі склепіння, а для виробок з терміном служби понад 18 місяців – набризгбетон товщиною 30–50 мм або анкера. Таким чином, кріплення, що існувало в сполученні, на момент його спорудження відповідала гірничо-геологічним умовам.

У 2007 році у відрізному штреку камери 2/9ю гор. 810 м при виконанні робіт по оббурюванню віял свердловин відбулося мимовільне обвалення рудної маси з покрівлі відрізного штреку, внаслідок чого утворився купол завглибшки до 35 см, що охоплює за площею значну частину склепіння виробки – від тектонічної тріщини по середині склепіння до нуля у п'яти склепіння. Масив в місці обвалення був представлений рудою гематит-мартитовою із залізною слюдкою, текстури від шаруватої до масивної. По поверхні вивалу спостерігалось чергування природних площин ослаблення, представлених поверхнями зрушення, і тріщин «по-живому», природна тріщинуватість – III-го порядку. У місці максимальної глибини вивалу (середина склепіння) поверхня ковзання має нахил, згідний з напрямом падіння шарів рудного тіла. Крім того, поверхня вивалу була зволожена, з тріщин спостерігався середній капіж, а зі свердловин – капіж і переривисті струмені.

Відрізний штрек, в якому відбулося обвалення, був пройдений в кінці 2005 року, і згідно методики вибору типових паспортів кріплення, в якості заходу із забезпечення стійкості прийнято додання кривлі склепіння без встановлення кріплення. Перед початком бурових робіт у відрізному штреку, які були розпочаті наприкінці 2006 року, виробка була закріплена шаром набризгбетону товщиною 50 мм. Це відповідає рекомендаціям методики вибору паспортів для вказаних в геологічній характеристиці порід (стійкість руди – середня, тріщинуватість – слабка). До моменту обвалення у відрізному штреку вже були проведені вибухові роботи з розкриття відрізної щілини.

Аналіз наведених випадків обвалення рудного масиву у виробках дозволяє виділити ряд загальних для них чинників:

- всі виробки пройдені не менше ніж за два роки до початку їх інтенсивної експлуатації, або початку робіт в них;
- навколишній масив у всіх виробках перед втратою стійкості порідного оголення або масиву протягом того або іншого часу піддавався інтенсивній технологічній дії могутніми вібраційними полями (випадок 1) або сейсмічної дії вибухових робіт (ВР) (випадки 2–4);
- у двох випадках з чотирьох (випадки 2 і 3) ще на етапі проведення виробок мали місце вивали порід з покрівлі і боків;
- практично завжди мала місце зміна властивостей навколишніх порід (зниження їх міцності, а значить – і стійкості) під впливом води (випадки 1, 3, 4);
- у всіх випадках кріплення виробок було прийняте правильно і відповідало гірничо-геологічній ситуації, що мала місце під час прохідки.

Існуюча і прийнята на комбінаті методика вибору способу кріплення протяжних виробок враховує тільки гірничо-геологічну ситуацію і передбачає вибір способу підтримування виробок, що розташовані під захистом закладки до горизонту розкриття включно, за категорією стійкості порід, встановлюваною геологічною зйомкою. Ця методика не враховує змін у гірничо-технічних умовах експлуатації виробок, які можуть бути викликані:

- інтенсивною технологічною дією вібрації на приконтурний рудний масив, що призводить до зміни його структури і зниження стійкості;
- дією на масив сейсміки від вибухових робіт і масових вибухів;
- постійною присутністю в рудному масиві і виробках технологічної і природної води за наявності порід, що схильні до розмокання під дією вологи (наприклад, гематит-мартитові руди);
- комплексного впливу названих чинників (прояв технологічних дій ще більш посилюється за наявності порід, що розмокають, і постійній присутності вологи).

Обслідування інших подібних виробок, проведене автором, показало, що порушення кріплення в них має місце завжди [2].

Висновки. Таким чином, аналіз черги крупних аварійних ситуацій, що мали місце на комбінаті протягом останніх п'яти років і пов'язаних із обваленнями рудного масиву, показує, що методика вибору способу підтримування виробок, що існує на підприємстві, заснована тільки на оцінці категорії стійкості порід, не враховує ускладнень умов експлуатації виробок, котрі викликані інтенсивною технологічною дією на рудний масив і іншими ускладнюючими чинниками, такими, як постійна присутність вологи в масиві, зміна стійкості порідних оголень з часом, що розвивається в описаних вище умовах.

Для виключення подібних ситуацій, що приносять матеріальні збитки і, головне – істотно знижують безпеку ведення робіт, потрібне проведення досліджень з метою розробки методики обліку вказаних чинників при виборі способу підтримування відрізних і бурових виробок і розробки ефективних способів забезпечення їх тривалої стійкості.

Бібліографічний список:

1. Хоменко О. Є, Кононенко М. М. До обґрунтування технології кріплення нарізних виробок в умовах ЗАТ «Запорізький ЗРК» / О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко // Науковий вісник НГУ. – 2003. – № 4. – С. 29-31.
2. Белкин И. Д. Результаты обследования состояния нарезных и капитальных выработок ЗАО «Запорожский ЖРК» / И.Д. Белкин // Форум гірників – 2008: Матеріали міжнародної конференції.– Дніпропетровськ: НГУ, 2008.– С.177-186.

© Белкин І. Д., 2009 з.