

8. Определение и контроль допустимых размеров конструктивных элементов систем разработки на рудниках Кривбасса / Цариковский В.В., Сакович В.В., Недзвецкий А.В. и др. Кривой Рог, НИГРИ, 1987. - 75 с.

9. Патент № 39175, UA Спосіб підвищення стійкості оголень гірських порід. - Бюл. № 3, 2009 р.

Рукопис подано до редакції 12.11.11

УДК 622.274.53

В.М. ТАРАСЮТІН, канд. техн. наук, доц., В.В. РЯБЕЦЬ, ПАТ «Кривбасзалізрудком»,  
А.С. ДОЛГИЙ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ НА ПІДГОТОВКУ ТА ВІДПРАЦЮВАННЯ ПОТУЖНИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПОКЛАДІВ

У статті наведено результати геомеханічних досліджень стійкості виробок та конструктивних елементів технологій очисного виймання руд із потужних покладів з подальшим розрахунком ефективності застосування раціональних конструктивно-технологічних параметрів технологій очисного виймання в умовах глибоких горизонтів.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами.** Забезпечення раціональної підготовки та відпрацювання потужних покладів природно-багатих залізних руд в умовах глибоких горизонтів є одним із найголовніших питань, які постають перед сучасними гірничо-видобувними підприємствами.

Як показала практика, в сучасних умовах відпрацювання потужних покладів в умовах глибоких горизонтів збільшилися масштаби проявів геомеханічних процесів при експлуатації підготовчих виробок та веденні гірничих робіт у виймальних одиницях у вигляді обвалень порід у виробки, зсувів їх контурів, а також динамічних проявів. На стадії проектування для обґрунтування вибору способів й засобів запобігання цих проявів необхідна попередня оцінка ступеню розвитку геомеханічних процесів в конкретних геомеханічних обставинах. Експлуатаційні витрати та якісні показники пов'язані з вивченням геомеханічних процесів, що протікають у рудо-породному масиві в зоні ведення гірничих робіт, і визначаються початковими геомеханічними параметрами, формою і розмірами виробленого простору, макроструктурою родовища.

Вирішення проблеми впливу гірничо-геологічних, гірничо-технологічних та гірничо-геомеханічних умов глибоких горизонтів є актуальною науково-технічною задачею підземного видобутку природно-багатих залізних руд із покладів південної групи Криворізького басейну.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Ведення гірничих робіт, і в особливості проведення гірничих виробок, супроводжується порушенням природного (початкового) напружено-деформованого стану породних масивів. Як результат відбувається деформування породних масивів й перерозподіл напруг навколо поверхні оголень.

Головними факторами, що визначають величину зсуву порідного контуру є: параметри початкового стану рудо-породного масиву, глибина ведення гірничих робіт, макроструктура рудного масиву, напружено-деформовані стани рудного та породного масивів, що утворюються в процесі розробки покладу, просторова орієнтація виробок [1].

Згідно з попередніми дослідженнями НДГРІ виявлено, що економічно ефективна глибина розробки багатих руд підземним способом в Кривбасі визначається рівнем 2000 м. Перспективи розвитку відпрацювання природно-багатих залізних руд в умовах глибоких горизонтах пов'язані з дослідженням геомеханічного стану рудо-породного масиву й врахування його при підготовці та відпрацюванні рудних покладів.

Питання вивчення параметрів трасування транспортно-підготовчих виробок в умовах глибоких горизонтів потужних залізрудних покладів є відкритим.

В процесі відпрацювання покладу тиск обвалених порід лежачій бік є одним з найголовніших чинників, що знижують неврівноваженість масиву в лежачому боці і обмежують його зсув. Вивчення характеру деформації порід лежачого боку нададуть можливості обґрунтування вибору розташування транспортно-доставочної виробки лежачого боку в умовах глибоких горизонтів. Параметризація технологій відпрацювання малостійких руд потребує урахування впливу структурно-деформаційних характеристик рудо-породного масиву, місця розташування виймальних одиниць в рудному тілі в залежності від віддалення панелі від висячого боку покладу, характеру зони обвалень й зсувів у висячому боці покладу, технологічних особливостей утворення камерних оголень й технологічних ціликів.

**Постановка завдань.** Метою досліджень є встановлення залежностей технологічних параметрів при підготовці та відпрацюванні природно-багатих залізних руд від гірничо-геологічних, гірничо-геомеханічних та гірничотехнічних умов на глибоких горизонтах, які забезпечують підвищення якості товарної продукції та зниження експлуатаційних витрат при веденні підготовчо-нарізних робіт та безпеку ведення гірничих робіт.

Дослідження проводяться для умов глибоких горизонтів шахти «Родіна» в межах 1200-1500 м, поклад «Основний-95», з урахуванням макроструктури будови порід висячого та лежачого боків покладу та властивостей структурних елементів масиву [2].

Дослідження включають в себе вирішення взаємопов'язаних завдань:

Визначення параметрів розташування транспортно-доставочного штреку в залежності від потужності покладу, форми зони обвалення налягаючих порід висячого боку та макроструктурної будови рудо-породного масиву родовищ.

Визначення стійких параметрів оголень та огорожуючих ціликів компенсаційних просторів виймальних одиниць з урахуванням напружено-деформуючого стану масиву і технології їх утворення.

Розробка конструктивних схеми раціональної технології відпрацювання потужних покладів родовища на глибоких горизонтах шахти «Родіна» з урахуванням розташуванням панелі.

Детальне вивчення стану відкотного штреку при відпрацюванні рудного покладу в умовах глибоких горизонтів надасть змогу дослідити вплив потужності покладу на стан транспортно-доставочної виробки в залежності від його розташування. Урахування напружено-деформуючого стану масиву і технології утворення компенсаційних просторів при визначенні їх основних параметрів включає в себе вивчення сучасного стану умов і технологій відпрацювання потужних залізрудних покладів Криворізького басейну на глибоких горизонтах, а також дослідження стійкості конструктивних елементів технологій очисного виймання руд із потужних покладів.

**Викладення матеріалу та результати.** Вирішення поставлених завдань здійснювалось комплексним методом, що включає теоретичні узагальнення практичного досвіду розробки глибоких горизонтів, численні моделювання методом кінцевих елементів, натурні експерименти методом реперних станцій, техніко-економічний аналіз результатів досліджень.

Було встановлено, що напружено-деформований стан масивів в зоні очисного виймання залежить від коефіцієнта бокового розпору регіонального поля початкових напружень. Для діапазону глибин 1100-1500 м отримані залежності розподілу напруги вхрест простягання рудного покладу на горизонті ведення гірничих робіт.

Також виявлено, що на характер формування початкових напружень істотно впливає структурна неоднорідність масиву гірничих порід. Розраховані параметри напружень на 30-40% відрізняються від значень, отриманих для однорідних масивів. Головним фактором, що формує локальні поля напружень, є відмінність модулів деформацій структурних елементів.

Параметри локальних полів напружень залежать від деформаційних властивостей, розмірів та орієнтації у просторі усієї сукупності шарів гірничих порід. Область впливу кожного шару розповсюджується на відстань до трьох характерних його розмірів. Розподіл напружень по потужності покладу круто падаючих шарів має чітко виражений максимум або мінімум, розташований біля висячого чи лежачого боку шару, що розглядається, в залежності від того, більше чи менше одиниці відношення модулів деформації шару й оточуючих порід. Різниця між величинами напружень у протилежних границь породних шарів тим більша, чим більше відношення модулів деформацій шару й оточуючих порід.

Для боротьби з негативними наслідками порушення природного врівноваженого стану рудо-породного масиву, що викликані веденням гірничих робіт, постійно застосовуються різноманітні додаткові заходи, що впливають на інтенсивність перехідних процесів й визначають властивості й стан порід в новому положенні рівноваги.

До заходів, що спрямовані на підвищення стійкості виробок, відносять вибір раціональних місць закладення виробок, розмірів та форм їх перетину, вибір типів і параметрів кріплення, що відповідають гірничо-геологічним умовам, зміцнення або розгужку при контурних порід.

Розподіл напружень в зонах ведення гірничих робіт характеризується наступними особливостями: в лежачому боці спостерігається активна динаміка змін параметрів напружено-деформованого стану масиву в зоні 50-100 м від контакту залізрудного покладу з породами лежачого боку в залежності від розвитку гірничих робіт в межах горизонту. Техніко-економічна оцінка і результати вимірювань реперних станцій показали, що факторами, які без-

посередньо визначають параметри трасування транспортно-підготовчих виробок, є потужність покладу, макроструктура порід лежачого боку, тип транспортних засобів та технології відпрацювання покладу.

При дослідженні геомеханічного стану відкотного штреку при відпрацюванні покладу «Основний» та аналізу економічних показників було встановлено, що витрат на перекріплення виробки не було в зоні А (вісі 70-108), а в зоні Г (вісі 130-154<sup>а</sup>) витрати на перекріплення дорівнювали витратам на проходку штреку. У той же час у зонах Б (вісі 108-120) та В (вісі 120-130) витрати на перекріплення були значно вище за витрати на проходку виробок, у три та шість разів відповідно. Як кріплення застосовувались УПК (27)22-8,5, рами яких встановлювалися на відстані 0,5-1,0 м одна від одної.

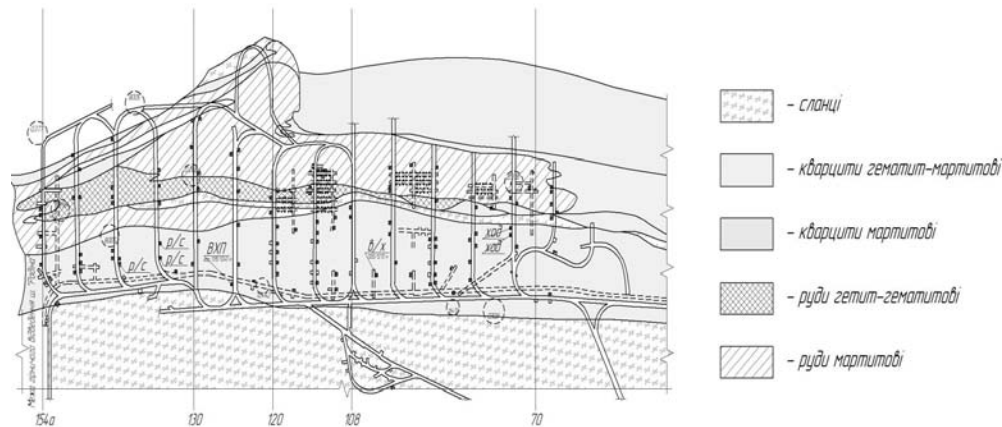


Рис. 1. План основного відкотного горизонту -1315 м ш. Родіна

До останнього часу розробка залізрудних покладів родовищ Кривбасу проводилася з досить високою ефективністю видобутку рудної маси. Але значне поглиблення ведення гірничих робіт призвело до різкого скорочення рудних площ, а значить і запасів руди на рудниках південної групи. Зростання собівартості видобутку природно-багатих залізних руд пояснюється скороченням об'ємів виробництва, зростанням матеріальних й енергетичних витрат, а також фондоемністю продукції, що зумовлено значним пониженням гірничих робіт [3].

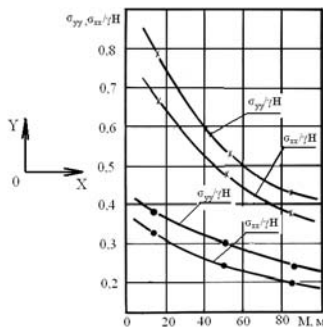
У даний час вирішується питання щодо подальшого розвитку гірничих робіт. Перший варіант передбачає комплексну розробку природно-багатих залізних руд із включенням в експлуатацію бідних руд вищих горизонтів. Другий варіант - подальше поглиблення шахт й розробку багатих руд з удосконаленням існуючих технологій видобутку залізних руд. Збільшення компенсаційного простору до максимально можливих розмірів та оптимізація конструктивного оформлення панелей надасть змогу підвишити якість видобутої рудної маси.

Під час валового видобутку природно-багатих залізних руд в умовах шахти «Родіна» відбувається значне зниження показників виймання через неврахування розміщення типів і сортів руд у межах виймальних блоків, при їх розділенні на панелі. За умов і подальшого відпрацювання таким способом техніко-економічні показники роботи шахти навряд чи зростатимуть. Оскільки руда, яка незасмічена вмшуючими породами, виймається саме з компенсаційного простору, то збільшення об'ємів останнього до максимальних розмірів надасть змогу підвишити ефективність розробки в цілому за рахунок збільшення якості рудної маси, що видобувається. Урахування розташування панелей по потужності покладу та напружено-деформованого стану масиву в конкретних точках надасть можливість збільшити об'єм компенсаційного простору. При утворенні компенсаційного простору необхідного об'єму доцільним буде застосування камерного варіанту підповерхового обвалення з відбійкою руди вертикальними віями глибоких свердловин на вертикальний компенсаційний простір.

Також слід зазначити, що показники вилучення значно погіршуються через втрату вибурених глибоких свердловин, які потрапляють у зону геомеханічного впливу компенсаційних просторів.

Поступове відпрацювання камерного запасу пошаровим підриванням комплектів глибоких свердловин, збільшення об'ємів компенсаційного простору, а також урахування розташування панелей по потужності покладу є визначальними факторами при розробці покладів природно-багатих залізних руд в умовах глибоких горизонтів.

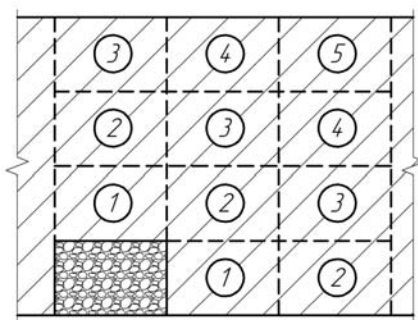
Аналіз показав, що залежно від місця розташування панелі, міцності порід, класу покладу, технічних засобів утворення компенсаційного простору має те чи інше конструктивне оформлення компенсаційної камери в панелі (рис. 2).



**Рис 2.** Розподіл відносних напружень  $\sigma_{yy}/\gamma H$  і  $\sigma_{xx}/\gamma H$  на рівні горизонту очисного виймання навхрест простяганню покладу при різних класах покладів: -×- – II клас ; -●- – III клас

На основі аналізу геомеханічних досліджень встановлено, що найефективнішою схемою, з точки зору геомеханічного навантаження панелі, є відпрацювання родовища фронтально-діагональною схемою. За таких умов основна частина виймальних ділянок характеризується наявністю двох вертикальних контактів панелі з обваленими породами (рис. 3).

Параметри днища та розміри стійких горизонтальних оголень компенсаційних камер в залежності від допустимих еквівалентних прогонів розраховані за методикою НДГРІ [4].



**Рис. 3.** Порядок відпрацювання панелей при наявності двох контактів панелі з обваленими породами

Параметри еквівалентних прогонів стійких горизонтальних і вертикальних оголень знижуються по мірі їх віддалення від висячого боку. Отже з віддаленням панелі від висячого боку зменшується й максимально можливий об'єм компенсаційного простору. Застосування менш сейсмічно впливових способів утворення компенсаційного простору (шпурова відбійка, гідротехнологія) дає змогу значно збільшити параметри стійких оголень компенсаційної камери.

Оскільки по мірі віддалення від висячого боку зменшується об'єм компенсаційної камери, то й проектування кожної окремої панелі вимагає врахування даного фактору і індивідуалістичного підходу до розробки технологій відпрацювання панелі.

На основі розрахунків була побудована зведена таблиця залежності питомої ваги камерного запасу від розташування панелі навхрест простягання з урахуванням потужності покладу (табл. 1).

Таблиця 1

Питома вага камерного запасу від розташування панелі вкрест простягання та потужності покладу

	Кількість контактів	Відстань центру панелі від висячого боку, м			
		10	30	50	70
Питома вага камерного запасу, %	1 контакт	35	33	28	16
	2 контакти	33	27	22	15

Отримані залежності дають змогу запропонувати наступні схеми відпрацювання природно-багатих залізних руд з урахуванням напружено-деформованого стану рудо-породного масиву та розташування панелі по потужності покладу: варіант підповерхового обвалення з відбійкою рудного масиву в затисненому середовищі з одночасною підсічкою рудного масиву шляхом розгортання приймальних воронки доцільно застосувати в лежачому боці покладу, оскільки утворення компенсаційного простору в даних умовах є найскладнішим, а його об'єм є нижчим за норматив і не сприяє поліпшенню ефективних показників видобутку; варіант підповерхового обвалення з відбійкою рудного масиву на похилий компенсаційний простір слід застосовувати в центральній частині покладу; варіант підповерхового обвалення із суміжним горизонтом буріння та доставки доцільно застосовувати під висячим боком покладу, оскільки стійкість горизонтальних та вертикальних оголень дозволяє утворити компенсаційний простір значного об'єму.

**Висновки.** Умови глибоких горизонтів залізрудних шахт, які відпрацьовують потужні поклади системами з обваленнями руди і вмщуючи порід в значній мірі впливають на вибір параметрів розташування підготовчих виробок (транспортних, технологічних); розміри компенсаційних просторів виймальних одиниць та техніко-економічні показники відпрацювання панелей.

Панелі, що розташовуються на контакті висячого покладу залежно від форми виробленого простору раціонально відпрацьовувати камерним варіантом технології підповерхового обвалення (компенсація складає 30-50 % від запасів панелі); на відстані 30-40 м від висячого боку - технологією підповерхового обвалення з відбійкою рудного масиву на похилий компенсацій-

ний простір, у лежачому боці - варіантом підповерхового обвалення з відбійкою рудного масиву в затисненому середовищі.

#### Список літератури

1. **Баклашов І.В.** Деформирование и разрушение породных массивов. М.: Недра, 1992.
2. **Глушко В.Т., Борисенко В.Г.** Инженерно-геологические особенности железорудных месторождений. М., Недра, 1978, 263 с.
3. **Малахов Г.М.** Управление горным давлением при разработке рудных месторождений Криворожского бассейна.-Киев: Наук, думка, 1990.-204 с.
4. Настанова Міністерства промислової політики України «Визначення та контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд. Інструкція із застосування» / **Є. Бабець, В. Сакович, С. Сиروتюк, В. Цариковський, Вал. Цариковський, Е. Яценко.** - Кривий Ріг: ДП «НДГРІ», 2010. - 86 с.

Рукопис подано до редакції 12.11.11

УДК 622.1:528

О.Є. КУЛІКОВСЬКА, канд. техн. наук, доц.

Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗСУВУ ПОВЕРХНІ І СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩА ПАТ «ЄВРАЗ СУХА БАЛКА»

Узагальнені результати натурних спостережень і виконано прогнозування зсувів поверхні та інженерно-технічних об'єктів при підземній розробці родовища ПАТ «Євраз Суха Балка».

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Родовище ПАТ «Євраз Суха Балка» приурочено до східного крила синклінально-антиклінальної структури Кривбасу. Очисні роботи на ш. «Ювілейна» проводяться на поверхнях горизонтів -1180, -1100 м, а на ш. ім. Фрунзе - по покладах Діагонального і Саксаганського простягань на горизонтах -910 і 985 м. Відпрацювання покладів супроводжується розвитком процесів зсуву в масиві гірських порід і на земній поверхні. У шахтному полі ш. «Ювілейна» в районі маркшейдерських осей 40 – 240 процес зсуву проявляється у вигляді класичної мульди зсуву. Тому при розробці заходів, спрямованих на запобігання виникнення надзвичайних ситуацій, необхідною умовою повинно бути врахування всіх деформаційних процесів через комплексну мінімізацію їх впливу на природно-техногенну систему на основі встановлення закономірностей їх розвитку. Тільки в такому випадку можна досягти позитивних результатів.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Згідно до вимог нормативних документів «Правил охорони...» [1], «Інструкції...» [2] і «Проекту заходів охорони...» [3], починаючи з 2001р. лабораторією Науково-дослідною маркшейдерською лабораторією (НДМЛ) ПАТ «Євраз Суха Балка» виконуються контрольні спостереження за розвитком процесів зсуву поверхні і станом об'єктів при підземній розробці залізної руди, що охороняються, в гірничому відводі ПАТ «Євраз Суха Балка» [4]. До 2001 р. контроль за розвитком процесу зсуву на руднику у різні періоди експлуатації здійснювався спеціалізованими організаціями: ВНДМІ, УкрНДМІ, НДІ ВІОГЕМ, ДНПП «МЕГП». Загалом, виконуються наступні роботи: спостереження за розвитком процесів зсуву у всячому і лежачому боках покладів ш. «Ювілейна», у всячому боці покладів ш. ім. Фрунзе; визначення фактичних деформацій земної поверхні в районі об'єктів, що охороняються.

**Завданням даного дослідження є** встановлення особливостей деформаційних процесів на поверхні та стінженерно-технічних споруд при існуючих технологічних параметрах підземної розробки корисних коралин родовища ПАТ «Суха Балка» в сучасних умовах його експлуатації.

**Викладення матеріалу та результати.** Станція спостереження у всячому боці покладів ш. «Ювілейна» закладена у 1973 р. і раніше складалася з чотирьох профільних ліній ґрунтових реперів, орієнтованих поперек простягання покладів. По мірі виїмки корисної копалини і зростання мульди зсуву в плані станція спостереження поповнювалася новими профільними лініями. Сьогодні станція складається з семи профільних ліній: «гребля», «I», «IV», «V», «Дамба», «Новий», «Глеюватська». Загальна кількість знаків станції складає 206 ґрунтових реперів.

Станція спостереження (СС) лежачого блоку також закладена в 1973 р. і у теперішній час складається із шести профільних ліній: «2», «3», «4», «5», «Залізниця», «Тумби», двох профільних ліній, що розташовані на північній ділянці шахтного поля «Галерея» і «Вентилятор» шахти