

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. Сиротюк, 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 ПРИБІДЗЕМНІЙ 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», «І», «ІV», «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

«Північна». Загальна кількість ґрунтових реперів станції - 131 репер. В якості робочих реперів використані забивні репери, що є металевими штирями діаметром 25-35 мм, завдовжки 1500-1700 мм, повністю заглиблені в землю. Інтервали між реперами складають 20-30 м у висячому боці покладів і 6-20 м - у лежачому боці.

Інструментальні спостереження виконувалися електронним тахеометром TOPCON GPT 7001 із використанням призматичних відбивачів. Відносна похибка вимірювання довжин не перевищує 1:15000. На існуючій станції спостереження лежачого боку покладів ш. «Ювілейна» регулярно (два рази на рік) виконувались весняна та осіння серії натурних спостережень, а також візуальний огляд і фотографування зон обрушення, терас і тріщин. Інструментальні спостереження дозволяють визначити фактичні деформації земної поверхні, положення границь зон зсуву, прослідити динаміку розвитку процесу зсуву і вирішити питання, які пов'язані з безпечним використанням площ, що підробляються, і охороною інженерних об'єктів промислового та цивільного призначення [4]. За наслідками спостережень виконано аналіз, представлений нижче.

Розгляд результатів спостережень показав, що в лежачому боці максимальні сумарні осідання за весь період спостережень (34 роки) мають місце в районі Rp 8 (профільна лінія «3»), де  $\eta = 185$  мм, тобто середньорічна швидкість осідання дорівнює 5-6 мм/рік (рис. 1).



Рис. 1. Графік зміни річних вертикальних деформацій Rp8 профільної лінії «3» лежачого боку покладів ш. «Ювілейна» ПАТ «Сува Балка»\*(штриховою лінією показано лінію тренду)

Максимальні відносні горизонтальні деформації розтягування в районі залізниці (профільна лінія «3») за весь період спостережень склали  $4,0 \cdot 10^{-3}$  (в перерахунку на 20-метровий інтервал). На ділянці під'їзної колії до ш. «Південна» в зоні тріщинуватості річні швидкості осідань і приріст відносних горизонтальних деформацій складають відповідно  $v = (2 \dots 16)$  мм/рік;  $\Delta \epsilon = 0,2 \cdot 10^{-3}$ /рік.

Аналіз результатів багаторічних спостережень показав, що протягом останніх чотирнадцяти років, активність процесу в лежачому боці покладів ш. «Ювілейна» знижується, що можна пояснити відпрацюванням глибоких горизонтів (більше 1000 м) і складуванням порожніх порід в зону воронок, що позитивно впливає на стійкість порід лежачого боку.

По профільній лінії «Тумби», що розташована вздовж східної сторони залізничного насипу, в зоні загального впливу гірничих робіт, швидкості осідання реперів не перевищили 5 мм/рік. Максимальні сумарні осідання  $\eta = 70$  мм. У районі технологічної автодороги, розташованої із західної сторони залізничного насипу, у зоні тріщинуватості, річні швидкості осідань і відносних горизонтальних деформацій склали:  $v = 26$  мм/рік,  $\Delta \epsilon = (0,1 \dots 0,2) \cdot 10^{-3}$ /рік. Сумарні осідання за весь період спостережень склали  $\eta = (2139 \dots 4061)$  мм.

На північній ділянці шахтного поля за межами границі мульди зсуву інструментальні спостереження проводяться в районі труб котельної ш. «Ювілейна» (маркшейдерська вісь (м.в.) 170), галерей №№ 17,18,19,20 дробильного комплексу (м.в. 198) і вентилятора ш. «Північна» (м.в. 277). Аналіз спостережень, що виконувалися з метою контролю стану земної поверхні в районі самих споруд показав, що протягом дев'яти років осідання земної поверхні на ділянці м.в. 170 практично відсутні. Швидкості осідання ґрунтових реперів на ділянці м.в. 198 зростають в напрямі з сходу на захід і не перевищують 8 мм/рік. Максимальні сумарні осідання мають місце в районі репера 1 і за дев'ять років спостережень досягли величини  $\eta = 48$  мм, а горизонтальні деформації розтягування не перевищили  $0,9 \cdot 10^{-3}$ .

Подальше відпрацювання покладів ш. «Ювілейна» спричинить збільшення мульди зсуву в плані. Слід зазначити, що при відпрацюванні горизонту -1260 м можливе попадання території в районі галерей в зону зсуву (небезпечного впливу), що характеризується деформаціями розтягування  $\epsilon = 2,0 \cdot 10^{-3}$  [5], що надає можливість зробити висновок про те, що експлуатація галерей можлива за наявності спеціального моніторингу за деформаціями земної поверхні і самих споруд. Згідно СНІП П-8-78 [6] для транспортерних галерей допустимі деформації земної поверхні складають  $\epsilon \leq 8,0 \cdot 10^{-3}$ . У даний час фактичні деформації в районі галерей значно менше допустимих, їх експлуатація безпечна.

Згідно дослідженням [7] шахтне поле ш. «Ювілейна», залежно від прояву процесу зсуву на земній поверхні, умовно можна розділити на три ділянки: I (південна) - м.в. 0 - м.в. 110; II (центральна) - м.в. 110 - м.в. 200; III (північна) - м.в. 200 - м.в. 290. Північна і південна ділянки шахтного поля відрізняються від «центральної» великою кількістю безрудних ціликів. Їх кількість і розміри стримують розвиток процесу зсуву порід висячого боку на цих ділянках. При таких умовах процес проявляється у вигляді воронкоподібних обрушень в місцях виходу покладів під наноси і склепіння над виробленим простором. До особливостей процесу воронкоутворення в полі ш. «Ювілейна» слід віднести розвиток склепінчастої поверхні обрушення і подальший вихід воронки над «сліпими» ділянками покладів. У подальшому збільшення діаметра воронки відбувається за рахунок інтенсивного сповзання наносів, що пояснюється наявністю дуже пластичних червоно-бурих глин у четвертичних відкладеннях, особливо це добре видно на прикладі північної ділянки шахтного поля. У крайових частинах північної та південної ділянок, під час переходу гірничих робіт на великі глибини (більше 800 м), склепіння розвиваються в гірському масиві і не проявляються на земній поверхні.

Найбільш активно процес розвивався в центральній частині шахтного поля і виявився на земній поверхні у вигляді класичної мульди зсуву. При існуючих кутах падіння покладів  $\alpha = 50...55$  град. перепускання порід практично відсутній, тому заповнення виробленого простору відбувається за рахунок порід висячого боку під кутами зсуву і розриву. З сторони покладів лежачого боку процес активно розвивався в період відпрацювання верхніх і середніх горизонтів, в основному, від покладів паралельного простягання, оскільки вони відпрацьовувалися в першу чергу і мали значну потужність. Зсув порід лежачого боку протягом останніх 14 років практично припинився.

У 2010 р. зафіксовано показники швидкості осідань і відносних горизонтальних деформацій порід висячого боку у мульді зсуву, які представлені на рис. 2 (у зоні тріщин) і на рис. 3 (у зоні небезпечного впливу та мульді зсуву).

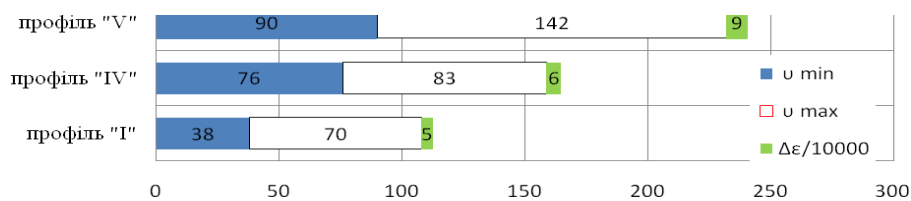


Рис. 2. Динаміка розвитку процесу зсуву у зоні тріщин

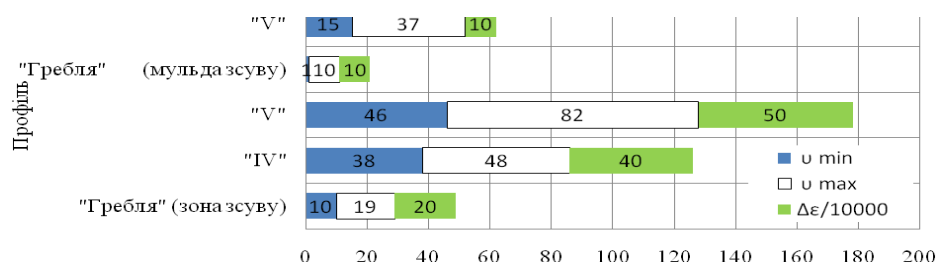


Рис. 3. Динаміка розвитку процесу зсуву в зоні небезпечного впливу та мульді зсуву

Аналіз результатів спостережень показав, що процес зсуву у висячому боці покладів ш. «Ювілейна» останнім часом активізувався. Річні швидкості осідань в 2010 р. перевищують швидкості 2009 р. у 3-4 рази. Результати спостережень по профільних лініях «I», «IV» ґрунтових реперів свідчать про активізацію вертикального зсуву (осідання) клиновидної області тріщин у бік очисних робіт шахти. У результаті зсуву клиновидна область чинила тиск на породи ділянки очисних робіт, викликавши їх обрушення в блоці 34-40 гор. -1180 м покладу «Гніздо».

Вертикальні і горизонтальні деформації земної поверхні в мульді зсуву зростають в напрямку з півдня на північ. Якщо до 2001 р. максимальні деформації мали місце в центрі мульди в районі профільної лінії «IV», то тепер вони змістилися на північ в район профільної лінії «V». Швидкості осідання земної поверхні (реперів) в північній частині мульди зсуву (профільна лінія «V») більше, ніж на півдні (профільна лінія «Гребля») у 5-6 разів. Активізація процесу на північній ділянці пояснюється веденням очисних робіт в цих осях по покладах обох простягань.

Відпрацювання покладу «Головний» в маркшейдерських осях 92-140 впливає менше на стан земної поверхні, зважаючи на наявність великої кількості безрудних ціликів. Максимальні сумарні осідання і горизонтальні деформації за весь період спостережень (34 роки) мають місце на ділянці профільної лінії «IV» в зоні тріщин і терас, де  $\eta = 4419$  мм,  $\varepsilon = 29,2 \cdot 10^{-3}$ .

Спостереження показують, що в мульді зсуву висячого боку, в основному, мають місце відносні горизонтальні деформації розтягування. Деформації стиснення зафіксовані в районі греблі ставків балки Глеюватська, на ділянці профільних ліній «Гребля» і «Дамба». Наявність зони стиснення на цій ділянці земної поверхні можна пояснити водопониженням в осадовому чохла в районі балки.

Кутові параметри процесу зсуву від відпрацювання гор. -1100 м та гор. -1180 м мають наступні значення: граничний кут  $\beta_0=44^\circ$ ; кут зсуву  $\beta=53^\circ$ ; кут розриву  $\beta'=63^\circ$ . Згідно табл. 3.1 діючих «Правил охорони...» [1] кути зсуву і розриву на руднику від гірничих робіт ш. «Ювілейна» дорівнюють  $\beta=\beta'=50^\circ$ , тобто фактичні кути крутіші нормативних. Розрахунок прогнозних кутів розриву у висячому боці покладів шахти показав, що вони повинні складати: при відпрацюванні гор. -1020 м -  $\beta'_n=58^\circ$ ; при відпрацюванні гор. -1100 м -  $\beta'_n=64^\circ$ . Тобто величина прогнозного кута розриву  $\beta'_n=64^\circ$  при відпрацюванні гор. -1100 м практично співпадає з фактичною  $\beta'_{ф.}=63^\circ$ .

Подальше проведення гірничих робіт на ш. «Ювілейна» супроводжуватиметься розвитком процесу зсуву в масиві і на поверхні. Мульда зсуву зростатиме в плані. У мульду зсуву порід висячого боку покладів шахти потрапляють наступні об'єкти і споруди: кладовище Берковського; дачі ЦГЗК; гідротехнічні споруди ставків 1, 2 балки Глеюватська; ділянка водоводу  $\varnothing 300$  і 500 мм до станції «Ленінська». При подальшій розробці покладів зони зсуву перемістяться в північно-західному напрямку. Зона тріщин, найімовірніше, займе сучасне положення зони небезпечного впливу і захопить велику частину території дачного селища [4].

Дослідженнями [8] визначено допустимі і граничні деформації розтягування для дамб  $\varepsilon_{\text{доп.}}=4,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $\varepsilon_{\text{пр}}=6,0 \cdot 10^{-3}$ . На родовищах Криворізького басейну тріщини на земній поверхні з'являються при деформаціях розтягування, що досягли величини  $\varepsilon=6,0 \cdot 10^{-3}$ . У даний час фактичні деформації, що мають місце в районі греблі досягли допустимої величини, але менше граничної. При розвитку чергового кроку процесу зсуву зона тріщин займе сучасне положення границі зони небезпечного впливу, деформації в районі греблі можуть досягти критичної величини. При переміщенні зон зсуву далі у висячий бік повинні розглядатися питання розробки відповідних технічних рішень, що надасть можливість безпечної експлуатації згаданих споруд та об'єктів.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Отже, при подальшому проведенні гірничих робіт шахтами «Ювілейна» та ім. Фрунзе процес зрушення в гірничому відводі ПАТ «Сува Балка» буде розвиватися, що спричинить зсування порід висячого боку і переміщення меж небезпечних зон: зона тріщин займе сучасний стан межі небезпечної зони впливу, в результаті чого велика частина прилягаючої території в зону тріщин. Тому здійснення контролю за зрушенням гірських порід і земної поверхні згідно з вимогами чинних нормативних документів необхідно продовжувати з метою накопичення інформації про розвиток процесів зрушень, стан територій розміщення як цивільних, так і промислових об'єктів для прийняття оптимальних рішень щодо безпечного функціонування гірничодобувного регіону.

#### Список літератури

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне / – Л.: ВНИМИ, 1975. – 68 с.
2. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 112 с.
3. Проект мер охраны железной дороги Пятихатки - Кривой Рог в районе горных работ рудника «Сува Балка» шахты «Юбилейная»/ Отчет по НИР. – Кривой Рог: Кривбасспроект, 1993. – 98 с.
4. Контрольні спостереження за розвитком процесів зсуву поверхні і станом об'єктів при підземній розробці залізної руди, що охороняються, шахтами ВАТ «Сува Балка» в 2010 році / Звіт по НДР. – Кривий Ріг: НДМЛ, 2010. – 21 с.
5. Балелос Б.И. Определение зон разрывов висячего бока при разработке рудных залежей в Криворожском бассейне / Б.И. Балелос, В.А. Генкин // Горный журнал. – 1962. – №12. – С. 25–27.
6. СНиП II–8–78. – М.: Стройиздат, 1979. – 29 с.
7. Исследование и прогноз характера процесса сдвижения с районированием подрабатываемых территорий при отработке глубоких горизонтов шахт Кривбасса на предмет использования в народном хозяйстве / Отчет о НИР. – Кривой Рог: КГРИ, 1995. – 94 с.
8. Исследование деформаций плотин хвостохранилищ ГОКов Кривбасса, разработка критериев для оценки устойчивости плотин / Отчет о НИР. – № ГР 01945026622. – Кривой Рог: МЭГИ, 1995. – 72 с.

Рукопис подано до редакції 12.11.11