

© В.І. Бондаренко¹, І.А. Салєєв², І.А. Ковалевська¹, Г.А. Симанович¹,
М.В. Шишов², О.К. Малова¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

² ТОВ «ДТЕК Енерго», Київ, Україна

РОЗВИТОК УЯВЛЕНЬ ПРО МЕХАНІЗМ ЗСУВУ НАДВУГІЛЬНОЇ ТОВЩІ З ПОГЛЯДУ ЙОГО ВПЛИВУ НА ПАРАМЕТРИ ДІЛЬНИЧНОЇ ДЕГАЗАЦІЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

© V. Bondarenko¹, I. Salieiev², I. Kovalevska¹, H. Symanovych¹,
M. Shyshov², O. Malova¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

² LLC “DTEK Energy”, Kyiv, Ukraine

DEVELOPMENT OF IDEAS ABOUT THE MECHANISM OF COAL-OVERLAYING FORMATION DISPLACEMENT IN TERMS OF ITS INFLUENCE ON LOCAL GAS-DRAINAGE PARAMETERS IN THE WESTERN DONBAS CONDITIONS

Мета. Дослідження механізму впливу геомеханічних і технологічних факторів на параметри розташування дегазаційних свердловин позаду лави в районі ведення очисних робіт в умовах слабометаморфізованих порід.

Методика дослідження. Використано комплексний підхід, що включає аналіз існуючих досліджень вивчення закономірностей газовиділення у виробках виїмкових дільниць та параметрів дільничної дегазації, аналіз геомеханічних процесів, розробка схем щодо моделювання методом скінченних елементів, обґрунтування методичних підходів по проведенню експериментальних досліджень проявів гірського тиску у виїмковій виробці з урахуванням існуючих тенденцій впливу швидкості посування очисного вибою.

Результати дослідження. Розвинуто погляди на механізм перетворень текстури шаруватого масиву слабких гірських порід при вивченні оптимальних параметрів дегазації виїмкової дільниці. Побудовано схеми розвитку деформування будь-якого шару основної покрівлі позаду району сполучення лави і виїмкової виробки, зсуву порід надвугільної товщі уздовж та поперек виїмкової дільниці з розташуванням дегазаційних свердловин. На базі проведених досліджень отримано рекомендації щодо раціонального розташування дегазаційних свердловин.

Наукова новизна. Розглянуто у просторовій постановці основні характеристики процесу зсуву слабкометаморфізованих порід в районі ведення очисних робіт та на відповідних схемах розкритий механізм впливу геомеханічних і технологічних факторів на доцільні параметри розташування дегазаційних свердловин позаду лави.

Практичне значення. Проведено аналіз достовірності запропонованих параметрів розташування дегазаційних свердловин позаду лави в умовах слабкометаморфізованих порід Західного Донбасу з урахуванням підвищених швидкостей посування очисних вибоїв. Сформовані висновки за тенденціями зсуву порід надвугільної товщі узагальнено в схемах розкриття механізму деформування гірського масиву поблизу району ведення очисних робіт.

Ключові слова: гірський масив, очисні роботи, дегазаційні свердловини, швидкість очисного вибою, параметри.

Вступ. У перспективному плані відродження України енергетична складова займає ключове місце, а за обмежених об'ємів видобутку з газових покладів вугільна галузь залишається зараз і на тривалу перспективу головною у побудові засад енергонезалежності України.

Існуючі розробки та дослідження однозначно стверджують, що багаторазове перевищення запасів метану у вугільних родовищах України над запасами природного газу нерозривно пов'язане з видобутком вугілля. Тобто, є дві складові забезпечення енергоносіями: видобуток вугілля і утилізація метану з вуглевмісної товщі. Ще існує й інший фактор – газовиділення обмежує темпи видобутку вугілля за сучасних високопродуктивних механізованих комплексів. Тому узгодження і рішення даних протиріч є актуальним завданням розвитку вуглевидобутку країни і у цьому сенсі залишилася низка питань, яка пов'язана з особливостями Західного Донбасу як у гірничо-геологічному, так і гірничотехнічному плані. Встановлення закономірностей газовиділення у виробках виїмкових дільниць шахт Західного Донбасу та обґрунтування параметрів дільничної дегазації високонавантажених лав є актуальною науково-практичною задачею.

Постановка проблеми та шляхи її вирішення. Загальновідома думка, що ефективна дегазація пов'язана з порушеннями текстури масиву, особливо його підрубкою, коли в процесі опускання надвугільної товщі вона зазнає інтенсивного розшарування, тріщиноутворення і руйнування [1–3]. Більш конкретно, є рекомендації [4, 5] щодо перерізу дільничними дегазаційними свердловинами місць максимального вигину літотипів, де найбільш інтенсивно розкриваються тріщини і вивільняється найбільша кількість метану.

Взявши за основу існуючі уявлення, мета даних досліджень полягає у розвитку знань щодо особливості механізму деформування шаруватого масиву поблизу лави стосовно текстури і властивостей слабометаморфізованих порід вугленосної товщі та підвищених швидкостей посування очисних вибоїв. З погляду на таке завдання необхідно відзначити роботи [6–10], де розкривається як механізм зсуву надвугільної товщі в умовах Західного Донбасу, так і наведена низка розрахунків її напружено-деформованого стану (НДС) за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Основні висновки із зазначених робіт наступні.

По-перше, по всьому Західному Донбасі спостерігається стабільне співвідношення механічних властивостей літотипів: породи безпосередніх і основних покрівель та підшви вугільних пластів мають менші міцнісні характеристики, ніж самий вугільний пласт. Підсилюють цю різницю послаблюючі фактори тріщинуватості, вологонасичення та суттєвих проявів реологічних властивостей. Щодо деформаційних характеристик, то у аргілітів і алевролітів вони приблизно відповідають таким для вугільних пластів, але їх вологонасиченість і «чутливість» до повзучості деформацій багаторазово знижує ці показники; пісковики за рахунок вельми поширеної тріщинуватості також мають низькі деформаційні характеристики. Отже, за існуючими геомеханічними теоріями [6, 11–14] зона опорного тиску (попереду лави) наближається до поверхні очисного

вибою, а максимум фронтального опорного тиску розташовується, зазвичай, на відстані 2–5 м від неї. Теоретичні висновки підтверджуються вимірами зсуву контуру виїмкових штреків: зазвичай, вплив очисного вибою починає суттєво виявлятися на відстані 20–30 м від нього, а найбільш великий градієнт росту переміщень (наприклад, швидкість зближення покрівлі і підшви) зафіксований за декілька метрів від лави [6, 7, 10, 15–17].

Викладена особливість нас цікавить з приводу існуючих рекомендацій про розташування дегазаційних свердловин у зонах максимумів вигину літотипів, тобто, починаючи з малих відстаней від очисного вибою за підняттям і поруч з боковими породами покрівлі за простяганням.

По-друге, через причину низьких (насамперед) міцнісних властивостей літотипів покрівлі їх знеміцнення починається ще попереду лави в зоні фронтального опорного тиску, як це показано схематично в роботах [6, 7, 10]. Породні шари при своєму опусканні у порожнину лави мають згинальні майже горизонтальні напруження $\sigma_{x,z}$, які ще у привибійній ділянці викликають появу тріщин розриву (приблизно перпендикулярно до площини нашарування) у верхній частині власної потужності і концентрацію стискних $\sigma_{x,z}$ у нижній частині потужності шару. При подальшому посуванні очисного вибою тріщина і концентрація стискних $\sigma_{x,z}$ переміщуються і шар лягає на перекриття секцій механізованого комплексу (безпосередньо чи через нижні шари) і потім на обвалені породи за огороженням секцій. При цьому вигін шарів змінює знак кривизни вигину і розтяг відбувається у нижній частині потужності шару з появою відповідних тріщин розриву; верхня і нижня тріщини з'єднуються між собою, відокремлюючи від літотипу так званий породний блок. Оскільки опір розтягу порід Західного Донбасу дуже малий (на рівні 1–4 МПа), зчеплення між шарами майже відсутнє, а присутні щонайменше дві системи тріщин, то утворюються невеликі за довжиною породні блоки, які не мають суттєвого «вильоту» за межі чи то секції механізованого кріплення за падінням, чи то охоронної конструкції за простяганням.

Отже, лінія розташування області зміни знаку кривизни вигину породних шарів за висотою надвугільної товщі має підвищений кут до площини нашарування і його можна попередньо оцінити у 60–75°. Що стосується напрямку підняття (падіння), то тут кут необхідно більш детально розглядати процес зсуву за висотою надвугільної товщі з урахуванням технологічних операцій буріння дегазаційних свердловин вже позаду лави. І таке прискіпливе вивчення стосується не тільки областей зміни кривизни вигину породних шарів (за підняттям – падінням), але й зон найбільш інтенсивного руйнування у покрівлі пласта на проектну висоту буріння. У цьому зв'язку достатня достовірність відображення стану шаруватого масиву із зонами знеміцнення і руйнування можлива при застосуванні МСЕ для розрахунку НДС такої неоднорідної за текстурою і механічними властивостями геомеханічної моделі.

По-третє, за тієї ж самої причини низьких міцнісних і деформаційних властивостей літотипів вуглевмісного масиву скорочується позаду лави ділянка загасання швидкостей зсуву гірського масиву, що зафіксовано експериментально,

наприклад, у роботах [15–17]. Вже було зазначено, що обвалення безпосередньої покрівлі і нижніх шарів основної покрівлі відбувається відразу після проходження лави (майже впритул до огороження секцій механізованого кріплення). Тобто, процес утворення зони безладного обвалення [6, 14, 18, 19] підвищується на обмеженій ділянці позаду лави, а після цього одночасно з ним починає зростати геостатичний тиск на порушені породи і вони ущільнюються. Цьому допомагає зволоження аргілітів і алевролітів безпосередньої і першого шару основної покрівлі. Підвищений опір ущільнених порід уповільнює розвиток зсуву більш віддалених зон покрівлі, а саме зростання опускання порід покрівлі згасає з відносною стабілізацією на більш обмеженій ділянці (зазвичай до 40–60 м) позаду лави.

З точки зору параметрів розташування дегазаційних свердловин зазначена особливість процесу зсуву надвугільної товщі у Західному Донбасі впливає наступним чином. Якщо узагальнити накопичений досвід та паспорти дегазації виїмкових ділянок, то можна стверджувати, що в середньому відстань від лави до найближчої дегазаційної свердловини складає 15–20 м, а далі відстань між сусідніми свердловинами коливається в межах 12–15 м. Тобто, на ділянці до початку стабілізації проявів гірського тиску в умовах Західного Донбасу розташовується 3–4 свердловини і саме вони дають найбільше газовиділення, оскільки перетинають рухливі середовища покрівлі з немалою кількістю порожнин різного розміру, в які виділяється метан із знеміцнених і зруйнованих зон масиву. Такий висновок має певну рацію, бо далі по штреку ущільнені породи (під дією геостатичного тиску) двох зон безладного обвалення і шарнірно-блокового зсуву різко знижують процес газовиділення, а верхні породи плавного прогину шарів не мають суттєвих техногенних порушень і також є проблемними щодо ефективної дегазації. Таким чином, основну увагу слід приділяти декільком дегазаційним свердловинам поблизу лави, а на відстані від неї більше 40 м доцільно скорочувати (демонтувати) дегазаційний трубопровід.

По-четверте, в умовах Західного Донбасу підвищується ступінь впливу [6, 7] швидкості посування очисного вибою $V_{o.6}$ на процеси зсуву надвугільної товщі у порівнянні з іншими вугленосними регіонами впливу [12, 20–25], хоча основні закономірності зберігаються у якісному плані. Основна причина більш вагомого впливу $V_{o.6}$ має, на наш погляд, дві складові: низькі механічні властивості, за яких (за різних інших умов) розвиваються більші посування масиву та більш виражені реологічні властивості літотипів з активним проявом деформацій повзучості; останні залежать від тривалості дії аномалій гірського тиску, а вона, у свою чергу, – від швидкості посування очисного вибою.

Основна тенденція впливу полягає в обмеженні проявів гірського тиску зі збільшенням швидкості $V_{o.6}$ посування очисного вибою. Ці твердження ґрунтуються на власних спостереженнях за динамікою наростання переміщень контуру виїмкових виробок як попереду, так і позаду лави. Звісно, власні експериментальні дослідження мають обмежене поширення на увесь спектр гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов відпрацювання вугільних пластів Західного Донбасу. Але існує достатня кількість досліджень інших авторів стосовно

проявів гірського тиску у виїмкових виробках Західного Донбасу [10, 15–17, 26, 27]. Особливо слід відзначити у певній мірі унікальні дослідження закономірностей впливу технологічних параметрів ведення очисних робіт (у тому числі й швидкості посування очисного вибою) на процес навантаження на секції механізованого комплексу в реальному часі його роботи [6, 7]. Таке узгодження (як мінімум у якісному плані) закономірностей впливу не тільки підтверджує власні результати, але й розширює висновки на більшість гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов Західного Донбасу.

Надалі постає цілком очевидне питання про зв'язок зазначених тенденцій з механізмом деформування літотипів у покрівлі з точки зору протікання процесів газовиділення. Раніше ми згадували рекомендації щодо доцільності розташування свердловин у місцях найбільшого вигину літотипів і ще краще – на ділянках зміни знаку кривизни їх вигину. Тому виникає інтерес до місць розташування цих ділянок за мінливої швидкості посування впливу $V_{o.в}$ очисного вибою. Різноманітні дослідження впливу $V_{o.в}$, у тому числі й на шахтах Західного Донбасу [6, 7], стверджують про наступні зміни параметрів зсуву надвугільної товщі при підвищених швидкостях посування очисного вибою:

- попереду лави скорочується розповсюдження зони фронтального опорного тиску, а його максимум наближається до очисного вибою з відповідним максимальним вигином породних шарів покрівлі; тому, за фіксованої відстані (від лави) початку буріння свердловини її кут спрямування бажано збільшити відносно горизонталі;

- позаду лави над огороженням секцій механізованого комплексу збільшується довжина (виліт) завислих породних консолей: з точки зору газовиділення це зменшує ступінь розміщення основної покрівлі в зоні шарнірно-блокового зсуву з відповідним падінням надходження метану у дегазаційну свердловину; щодо її нахилу (підняттям – падінням) цей фактор також сприяє збільшенню кута буріння відносно горизонталі;

- у напрямку простягання пласта діє аналогічна тенденція збільшення вильоту породних консолей у вироблений простір, що пересуває області зміни знаку кривизни вигину літотипів подалі від охоронної системи виїмкової виробки – тобто, доцільно зменшувати кут нахилу свердловини до напрямку простягання.

Сформовані висновки за тенденціями зсуву порід надвугільної товщі при відпрацюванні пластів у Західному Донбасі узагальнені в схемах розкриття механізму деформування гірського масиву поблизу району ведення очисних робіт щодо обрання доцільних параметрів розташування дегазаційних свердловин.

Перша схема наочно описує уявлення про деформування будь-якого шару основної покрівлі позаду району сполучення лави і виїмкової виробки (рис. 1). Вона розкриває механізм тріщиноутворення при розгляді породного шару як плити, що має нежорстке защемлення [26] по двох боках (лінія очисного вибою і кромка охоронної конструкції) і вільне опускання по двох інших боках (вироблений простір). На схемі ми спробували відобразити деформування породного шару покрівлі за обома напрямками – падінню і простягання, а також пояснити

перші два висновки щодо доцільності розташування дегазаційних свердловин в областях зміни знаку кривизни їх вигину.

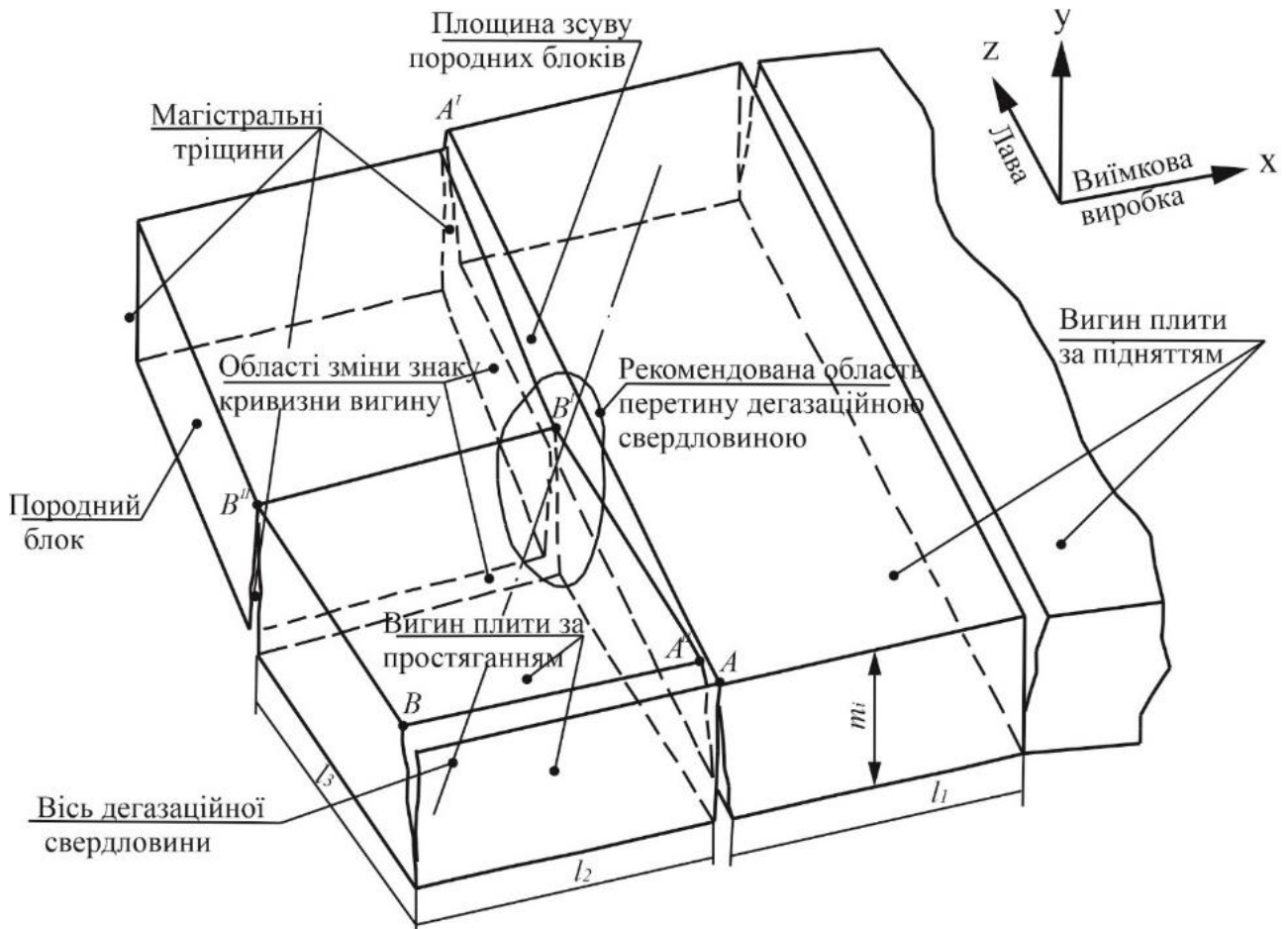


Рис. 1. Схема утворення породних блоків над виробленим простором з формуванням областей зміни знаку кривизни вигину літотипів за падінням і простяганням вугільного пласта

У напрямку підняття (координата X центральної осі виїмкової виробки) максимальний вигин плити, як було зазначено раніше, починається за декілька метрів до очисного вибою і при опусканні породного шару у робочий простір лави утворюється тріщина розриву (від розтягуючих напружень σ_x), яка розвивається з верхньої поверхні нашарування вглиб аж до 70–80% потужності літотипу [18]; на залишковій частині потужності діють стискні напруження σ_x . На деякій відстані l_1 у напрямку падіння виникає площина YZ (на схемі позначена AA'), де вигин плити відбувається у протилежний бік. Це пов'язано з опором механізованого кріплення і порід зони безладного обвалення, що в умовах Західного Донбасу виникає відразу позаду огороження секцій. Тобто, площина AA' характеризує область зміни знаку вигину, у якій техногенні тріщини перетворюються на так звані «магістральні», що перетинають усю потужність породного шару майже перпендикулярно площині нашарування (має напрямок, наближений до вертикального). Причина появи магістральних тріщин очевидна – зміна знаку кривизни вигину призводить до появи розтягуючих σ_x у нижній ча-

стині потужності літотипу, які формують тріщину назустріч вже існуючій і утворюють магістральну тріщину, завдяки якій відокремлюється породний блок у напрямку падіння.

Аналогічний процес відбувається у напрямку простягання. Наступний за падінням породний блок на своїй довжині l_2 вже спирається тільки одним боком на охоронну конструкцію виїмкової виробки, а інші його вертикальні грані взаємодіють (без спірання, але за рахунок розпору) з утвореними над виробленим простором породними блоками. Десь на довжині вильоту породної консолі над охоронною конструкцією діють максимальні згинальні напруження σ_z і на лінії $A''B$ утворюється і починає розвиватися вглиб потужності шару тріщина розриву від дії розтягуючих σ_z ; відповідно до [18] глибина тріщини складе близько трьох чвертей потужності шару m_i (див. рис. 1). Цей породний блок опускається у вироблений простір і близько лінії $B'B''$ відбувається вигин плити у зворотному напрямку зі зміною знаку кривизни: розтягуючі σ_z формують тріщину у нижній частині літотипу з розвитком тріщини вгору назустріч вже існуючої, що утворює магістральну тріщину.

На прикладі формування блока $A''BB''B''$ пояснено виникнення магістральних тріщин в обох напрямках зміни знаку кривизни вигину (за падінням та простяганням); вони перетинаються на ребрі блоку, що визначається відстанями l_1 і l_3 . Саме цю зону бажано (згідно існуючих і наших спостережень) перетнути дегазаційною свердловиною для збільшення дебіту метану. Звісно, у кожному породному шарі рекомендовані зони перетину дегазаційною свердловиною (див. рис. 1) мають власні координати розташування, але набір таких зон по висоті надвугільної товщі дають доцільний напрямок буріння. Що стосується відстані між свердловинами уздовж виїмкової виробки, то є її узгодження з розміром l_2 породного блоку.

Третій, з раніше сформульованих висновків, має основну сутність стосовно узгодження координати X буріння дегазаційних свердловин з особливостями (для умов Західного Донбасу) наростання зміщень контуру виїмкової виробки на ділянці впливу очисних робіт – від початку зони фронтального опорного тиску попереду лави до зони стабілізації проявів гірського тиску позаду лави. Для подальшого наочного уявлення механізму зсуву надвугільної товщі побудовано схему на рис. 2. Вона відображає (на основі широкомасштабних експериментальних досліджень) геометричні будовання основних характеристик зсуву порід покрівлі в районі очисних робіт у напрямку підняття вугільного пласта.

Основні положення існуючих схем зсуву надвугільної товщі у вироблений простір [12–14, 18, 19] вказують на формування трьох характерних перетворень текстури масиву: зона безладного обвалення породних шарів безпосередньої і наближених літотипів основної покрівлі; зона шарнірно-блокового зсуву і зона плавного вигину шарів без порушення їх суцільності. Перші дві зони мають сумарну потужність, яка, зазвичай, не перевищує 12–15 м і дегазаційні свердловини їх обов'язково перетинають, а порушення текстури породних шарів сприяє збільшенню дебіту метану. Назва третьої зони покрівлі говорить про відсутність суттєвих порушень суцільності літотипів, але там часто залягають вугіль-

ні пласти чи пісковики, що містять метан. Тому, зазвичай, дегазаційні свердловини бурять до перетину цих літотипів, що покращує загальний рівень дегазації, а сама довжина свердловини не перевищує, як правило, 50–60 м.

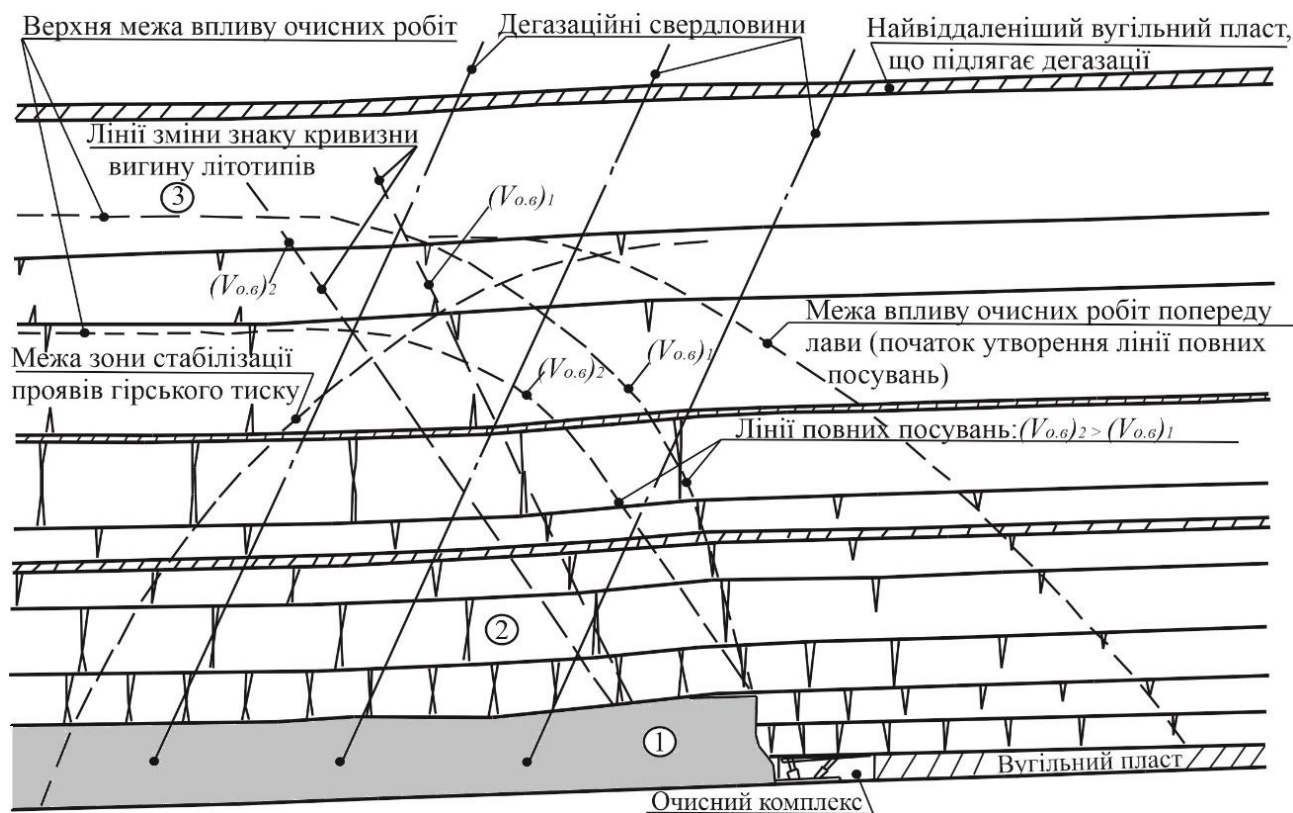


Рис. 2. Схема зсуву порід надвугільної товщі уздовж виїмкової ділянки з розташуванням дегазаційних свердловин: 1 – зона безладного обвалення порід покрівлі; 2 – зона шарнірно блокового зсуву; 3 – зона плавного вигину породних шарів без порушення суцільності

На схемі рис. 2 наведено групу пунктирних ліній, які у якісному плані характеризують такі зони:

– межа впливу очисних робіт попереду лави, яка (в умовах Західного Донбасу) віддалена від очисного вибою, зазвичай, до 20–30 м і тісно пов'язана із зоною фронтального опорного тиску; у цій області починається і розвивається тріщиноутворення у безпосередній і наближеній частині основної покрівлі; по висоті вона, зазвичай, локалізується в межах зони шарнірно-блокового зсуву, тобто, у рамках до 12–15 м і бажано, щоб найбільш розкриті тріщини літотипів знаходилися біля траси дегазаційної свердловини;

– лінія обвалення породних консолей позаду секцій механізованого кріплення, яка, зазвичай, співпадає з класичною лінією повних посувань нестійкої надвугільної товщі у вироблений простір; за великим рахунком ця лінія (чи поверхня) не є прямою, а на деякій висоті виположується і обмежує зону впливу очисних робіт [15], поза якої гірські породи знаходяться у природному геостатичному стані недоторканого масиву;

– лінія межі зони стабілізації проявів гірського тиску обмежує (разом з попередньою лінією) зона найбільш інтенсивних розшарувань покрівлі, де утворюється найбільша кількість порожнин і пустот, що заповнюються газом; тому саме цю зону (на відстані від лави до 40–60 м) найбільш доцільно піддавати дегазації;

– лінія зміни знаку кривизни вигину літотипів характеризує розташування (по висоті надвугільної товщі) зон з максимальним тріщиноутворенням і тому бажано, щоб дегазаційні свердловини (у своїй сукупності) перетинали ці ділянки літотипів, як це наведено на рис. 2.

Отже, з наведеної схеми можна зробити наступні основні висновки:

– підтримка та експлуатація дегазаційних свердловин доцільні на ділянці до 40–60 м позаду лави до межі зони стабілізації проявів гірського тиску; сама зона добре визначається при постійному маркшейдерському моніторингу переміщень контуру виїмкової виробки;

– довжина дегазаційних свердловин обирається з умови обов'язкового перетину зони шарнірно блокового зсуву і метанонасичених літотипів зони плавного вигину шарів без порушення суцільності на технічно досягненій висоті;

– доцільно, щоб траса свердловини перетинала області зміни знаку кривизни вигину для можливо більшої кількості літотипів.

На завершення розгляду уявлень про механізм зсуву надвугільної товщі в умовах Західного Донбасу розглянемо за координатою Z процес поперечного напрямку виїмкової дільниці, тобто, за довжиною лави (рис. 3). Принципово механізм опускання породних шарів на зруйновані породи зони безладного обвалення не змінюється; тому залишається сталим процес утворення породних блоків (за координатою Z) за рахунок розвитку магістральних тріщин у кожному літотипі зони шарнірно-блокового зсуву. Як і раніше, найбільш розвинена система магістральних тріщин техногенного походження розташована в області зміни знаку кривизни вигину літотипів; тому рекомендується проводити трасу дегазаційних свердловин таким чином, щоб вона зачіпала більшу кількість таких областей по висоті зони шарнірно-блокового зсуву (рис. 3).

Щодо впливу швидкості посування $V_{o,v}$ очисного вибою, то тут має місце наступний механізм. Загальновідомо [6, 14, 18], що зі збільшенням $V_{o,v}$ подовжуються породні консолі, які зависають як над лавою, так і над охоронною конструкцією. Певною мірою це пов'язано з розвиненими реологічними властивостями порід Західного Донбасу, коли менший період дії фронтального і бокового опорного тиску сприяє зменшенню деформацій літотипів покрівлі та меншому падінню у часі їх механічних характеристик. Ця тенденція сприяє віддаленню лінії знаку кривизни вигину літотипів у напрямках X і Z виробленого простору, як це показано на рис. 2 і рис. 3. Надалі означені якісні тенденції буде перетворено у кількісні закономірності впливу $V_{o,v}$ на координати розташування областей зміни знаку кривизни вигину по всій потужності зони шарнірно-блокового зсуву, адже за рекомендаціями дегазаційні свердловини доцільно розташовувати поблизу саме цих найбільш порушених зон надвугільної товщі.

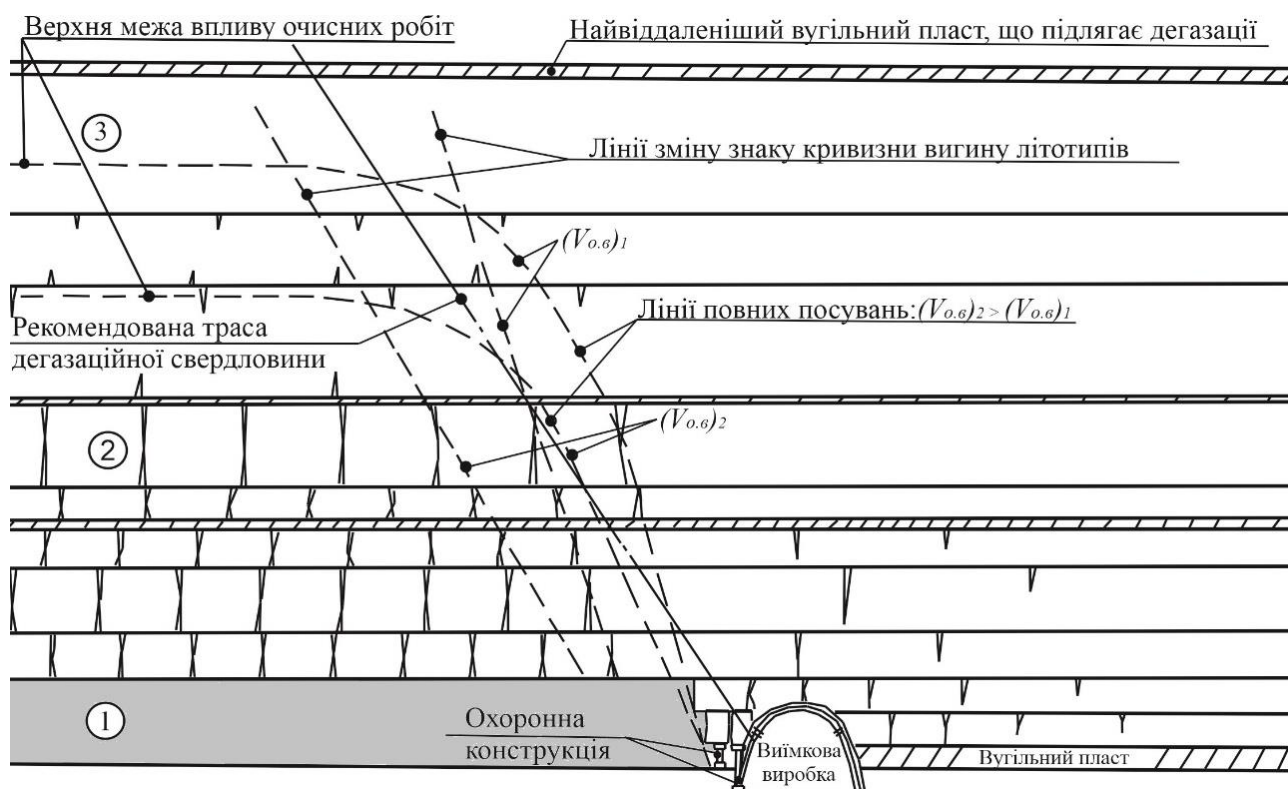


Рис. 3. Схема зсуву порід надвугільної товщі поперек виймкової ділянки з розташуванням дегазаційних свердловин: 1 – зона безладного обвалення порід покрівлі; 2 – зона шарнірно блокового зсуву; 3 – зона плавного вигину породних шарів без порушення суцільності

Підсумовуючи викладені уявлення про особливості механізму зсуву порід надвугільної товщі поблизу лави, цілком логічними будуть наступні задачі з моделювання МСЕ стану цієї зони гірського масиву разом з експериментальними дослідженнями проявів гірського тиску у виймковій виробці з урахуванням існуючих тенденцій впливу швидкості посування очисного вибою.

Висновки. Аналіз існуючих уявлень про процеси зсуву надвугільної товщі в районі ведення очисних робіт разом з особливостями її деформування щодо слабометаморфізованих порід Західного Донбасу з урахуванням підвищених швидкостей посування очисних вибоїв дозволив розвинути погляди на механізм перетворень текстури шаруватого масиву слабких гірських порід з погляду на параметри технології дегазації виймкової ділянки вугільної шахти. З якісного боку побудовані схеми розвитку досліджуваного процесу дозволили сформулювати наступне:

– використання дегазаційних свердловин доцільне на ділянці до 40–60 м позаду лави, тобто, до межі зони стабілізації проявів гірського тиску, а буріння повинно бути з розворотом у бік очисного вибою, щоб зачинити зону дії максимального фронтального опорного тиску;

– самі зони визначаються за постійного маркшейдерського моніторингу переміщень контуру виймкової виробки і мають тенденції до скорочення при підвищених швидкостях посування очисного вибою;

– довжина дегазаційних свердловин обирається з умови обов'язкового перетину зони бокового зсуву і метанонасичених літотипів зони плавного вигину шарів без порушення суцільності на технічно досяжній висоті; одночасно бажано перетинати зони максимального вигину газонасичених породних шарів у зоні фронтального опорного тиску;

– доцільно, щоб траса свердловини перетинала області зміни знаку кривизни вигину літотипів з урахуванням варіації координат їх розташування за високих швидкостей посування очисних вибоїв.

Перелік посилань

1. Kovalevska, I., Samusia, V., Kolosov, D., Snihur, V., & Pysmenkova, T. (2020). Stability of the overworked slightly metamorphosed massif around mine working. *Mining of Mineral Deposits*, 14(2), 43-52.
<https://doi.org/10.33271/mining14.02.043>
2. Bondarenko, V., Symanovych, H., Kicki, J., Varabash, M., & Salieiev, I. (2019). The influence of rigidity of the collapsed roof rocks in the mined-out space on the state of the preparatory mine workings. *Mining of Mineral Deposits*, 13(2), 27-33.
<https://doi.org/10.33271/mining13.02.027>
3. Соцков В.О. (2015). *Обґрунтування параметрів розташування та кріплення виробок, що надпрацьовуються, при веденні очисних робіт на шахтах Західного Донбасу*. (Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин).
4. Symanovych, H., Salieiev, I., Shyshov, M., & Odnovol, M. (2022). Substantiating the optimization solutions for the mine working fastening system interaction with the enclosing rock mass. *Mining of Mineral Deposits*, 16(3), 54-60.
<https://doi.org/10.33271/mining16.03.054>
5. Bondarenko, V. I., Kovalevska, I. A., Biletskyi, V. S., & Desna, N. A. (2022). Optimization principles implementation in the innovative technologies for re-used extraction workings maintenance. *Petroleum and Coal*, 64(2), 424-435
6. Бондаренко, В.И., Ковалевская, И.А., Симанович, Г.А., & Черватюк, В.Г. (2012). *Геомеханика нагружения крепи очистных и подготовительных выработок в слоистом массиве слабых пород*. ЛізуновПрес.
7. Бондаренко, В.И., Ковалевская, И.А., Симанович, Г.А., Вивчаренко, А.В., Малыхин, А.В., & Гусев, А.С. (2014). *Геомеханика нагружения и расчет параметров крепежной и охранной систем подготовительных выработок шахт Западного Донбасса*. ЛізуновПрес.
8. Бондаренко, В.И., Мартовицкий, А.В., Ковалевская, И.А., & Черватюк, В.Г. (2011). *Развитие научных основ повышения устойчивости горных выработок шахт Западного Донбасса*. ЛізуновПрес.
9. Бондаренко, В.И., Ковалевская, И.А., Симанович, Г.А., Барабаш, М.В., & Гусев, А.С. (2015). *Взаимодействие грузонесущих элементов крепежной системы выемочных выработок «массив – рама – анкер»*. Літограф.
10. Бондаренко, В.И., Ковалевская, И.А., Симанович, Г.А., Барабаш, М.В., Сгигур, В.Г., & Гусев, А.С. (2017). *Комбинированные анкерные системы для повторного использования горных выработок*. ЛізуновПрес.
11. Филимонов, П.Є. (2013). *Фізико-технічні основи інтенсифікації способів видобутку та підвищення якості вугілля в єдиному шахтному технологічному комплексі*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук. Спец.: 05.15.02; 05.15.09.) ІГТМ НАН України.

12. Єфремов, І.О. (2011). *Фізико-технічні основи комплексної дегазації і використання метану вугільних шахт*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук. Спец.: 05.15.02.) ІГТМ НАН України.
13. Філат'єв, М.В. (2019). *Розвиток наукових основ безпечної відробки газоносних вугільних пластів при зсовуванні масиву гірських порід*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук. Спец.: 05.15.02; 05.26.01.) ІГТМ НАН України.
14. Чеснокова, О.В. (2019). *Динаміка тріщин і масоперенос флюїдів у газонасичених вугільних пластах при їх відпрацюванні*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук. Спец.: 05.15.09.) Інститут фізики гірничих процесів.
15. Васильєв, Д.Л. (2019). *Розвиток наукових основ визначення параметрів розвантаження привибійної частини газоносних вугільних пластів*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук. Спец.: 05.15.09.) ІГТМ НАН України.
16. Бурчак, О.В. (2018). *Розвиток теорії та розробка фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів у вугільних шахтах*. (Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук. Спец.: 05.15.09.) ІГТМ НАН України.
17. Бондаренко, В.И., Ковалевская, И.А., Симанович, Г.А., Коваль, А.И., & Фомичёв, В.В. (2012). *Экспериментальные исследования устойчивости повторно используемых выемочных выработок на пологих пластах Донбасса*. ЛізуновПрес.
18. Бондаренко, В.И., Ковалевская, И.А., Симанович, Г.А., & Снигур, В.Г. (2014). *Экспериментальные исследования пучения пород почвы подготовительных выработок на пологих пластах Донбасса*. ЛізуновПрес.
19. Усаченко, Б.М. (1979). *Свойства пород и устойчивость горных выработок*. Наукова думка.
20. Усаченко, Б.М., Чередниченко, В.П., & Головчанский, И.Е. (1990). *Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизованных породах*. Київ: Наукова думка, 144 с.
21. *СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони*. (2008). Стандарт Мінвуглепрому України. Донецьк: Видавництво ДонВУГІ.
22. Snihur, V., Bondarenko, V., Shaikhislamova, I., Kovalevska, I., & Husiev, O. (2022). Optimization solution substantiation for resource-saving maintenance of workings. *Mining of Mineral Deposits*, 16(1), 9-18.
<https://doi.org/10.33271/mining16.01.009>
23. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Cawood, F., Husiev, O., Snihur, V., & Jimu, D. (2021). Development and testing of an algorithm for calculating the load on support of mine workings. *Mining of Mineral Deposits*, 15(1), 1-10.
<https://doi.org/10.33271/mining15.01.001>
24. Bondarenko, V., Symanovych, H., Barabash, M., Husiev, O., & Salieiev, I. (2020). Determining patterns of the geomechanical factors influence on the fastening system loading in the preparatory mine workings. *Mining of Mineral Deposits*, 14(1), 44-50.
<https://doi.org/10.33271/mining14.01.044>
25. Fomychov, V., Fomychova, L., Khorolskyi, A., Mamaikin, O., & Pochepov, V. (2020). Determining optimal border parameters to design a reused mine working. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(24), 3039-3049.
26. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Symanovych, G., Sotskov, V., & Barabash, M. (2018). Geomechanics of interference between the operation modes of mine working support elements at their loading. *Mining Science*, 25, 219-235.
<https://doi.org/10.5277/msc182515>
27. Бондаренко, В.І., Ковалевська, І.А., Симанович, Г.А., Цівка, Є.С., & Шека, І.В. (2022). Обґрунтування ефективності використання кріплення з вуглепластику для гірничих виробок на шахтах Західного Донбасу. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 68, 30–42.
<https://doi.org/10.33271/crpnmu/68.030>

ABSTRACT

Purpose. The research purpose is to study the mechanism of the influence of geomechanical-technological factors on the location parameters of the gas-drainage wells behind the longwall face in the area of stope operations under the conditions of weakly metamorphosed rocks.

Research methodology. An integrated approach is used, including an analysis of existing research on the gas release patterns in the mine workings of extraction sites and local gas-drainage parameters, analysis of geomechanical processes, development of schemes for modeling by the finite element method, substantiation of methodological approaches for conducting experimental research into the rock pressure manifestations in extraction working, taking into account existing tendencies of the influence of stoping face advance velocity.

Research results. The views on the mechanism of the stratified mass texture transformations of weak rocks have been developed during the study of the optimal extraction site gas-drainage parameters. The deformation development schemes have been constructed for any layer of the main roof behind the area of longwall face conjugation with the extraction working, displacement of coal-overlying formation rocks along and across the extraction site with the location of gas-drainage wells. Based on the conducted research, recommendations on the rational location of gas-drainage wells have been obtained.

Scientific novelty. The main characteristics of the weakly metamorphosed rock displacement process in the area of stope operations are studied in a spatial formulation, and the mechanism of the influence of geomechanical-technological factors on the expedient location parameters of gas-drainage wells behind the longwall face is represented on the relevant schemes.

Practical value. The reliability of the proposed location parameters for gas-drainage wells behind the longwall face in the conditions of weakly metamorphosed rocks of the Western Donbas has been analyzed, taking into account the stoping face advance increased velocities. The conclusions drawn on the basis of rock displacement tendencies in the coal-overlying formation are summarized in the schemes for identifying the mechanism of rock mass deformation near the area of stope operations.

Keywords: *rock mass, stope operations, gas-drainage wells, stoping face advance velocity, parameters.*