

УДК 550.8.05:556.332.46:622.83 DOI: [https://doi.org/10.59911/mgg.2786-7994.2024.1-2\(8-9\).340955](https://doi.org/10.59911/mgg.2786-7994.2024.1-2(8-9).340955)

Н. О. Д'яченко

ВІДПРАЦЮВАННЯ ЗАПАСІВ ВУГІЛЛЯ ПІД БУЧАЦЬКИМ ВОДОНОСНИМ ГОРИЗОНТОМ

Проведено вивчення та аналіз умов підробітку бучацького водоносного горизонту для безпечного вилучення запасів вугілля та визначення межі зони БВГР та розрахунок зони БВГР вугільного пласта c_1 ділянки шахти «Благодатна» методом побудови моделей просторових змінних, дозволив обґрунтувати доцільність використання методу просторового моделювання поверхонь з числовими значеннями «рельєфу» покрівлі вугільного пласта та підосви водовмісного горизонту з використанням функції residuals з ціллю отримання точних фактичних показників потужності порід покрівлі вугільного пласта c_1 до підосви пливуну. Положення раніше затвердженої зони БВГР (у 1988 році) у результаті застосування прийомів побудови моделей просторових змінних уточнено, візуалізовано та винесено на план гірничих робіт. Доведено, що такий підхід допускає практичну можливість об'єктивного контролю за фактичними показниками безпечного ведення гірничих робіт під пливунами в умовах Західного Донбасу. За результатами дослідження встановлено, що гірничо-геологічні, гідрогеологічні та гірничотехнічні умови відпрацювання 141-ї лави пласта c_1 характеризуються як складні, що визначається: схильністю порід покрівлі до обвалення на висоту до 0,5 м на ділянках підвищеної тріщинуватості порід; досить низькою міцністю вміщуючих порід; схильністю порід покрівлі та ґрунту до набрякання і здимання із втратою несучої здатності, інтенсивного обвалення шарів безпосередньої покрівлі; схильністю порід безпосередньої та основної покрівлі до відсутності кольматації тріщин і їхньої відкритості; присутністю у покрівлі шару пісковика, що має безпосередній вихід під бучацькі піски і має власні статичні запаси води; наявністю зон зміни літологічного складу порід безпосередньої покрівлі. Всі ці результати посприяли визначенню межі зони БВГР 141-ї лави з показником 30 м. Надалі отримані результати можна використовувати при прогнозуванні межі безпечного ведення гірничих робіт під пливунами у вуглепородних масивах Західного Донбасу.

Ключові слова: Західний Донбас, бучацький водоносний горизонт, безпечне ведення гірничих робіт, небезпечна зона, вугільний пласт.

© Н.О. Дяченко, 2024

Вступ

Гірничодобувні підприємства, які здійснюють підземну розробку вугілля, мають складну систему керування гідроекобезпекою в межах шахтного поля, яка потребує точності визначення межі можливого безпечного вилучення копалини під водними об'єктами або водонасиченими горизонтами (пливунами), в поєднанні, з необхідністю максимально можливого видобутку об'єму вугілля. Наш час, поєднання комп'ютерних технологій та ретельного планування гірничих робіт дозволяє актуальне вирішення поставленого завдання у межах окремо визначених виробок. Цей прийом дозволить не тільки мінімізувати ризики, пов'язані з видобутком корисних копалин, але й захистити цілісність водоносного горизонту. Бучацький водоносний горизонт - це важливе джерело для забезпечення водою населених пунктів і промислових об'єктів Західного Донбасу (ЗД). Під літологічним утворенням бучацького горизонту розташована більшість запасів вугілля, що і створює складність вилучення цих ресурсів. Природні ресурси, нажаль, є обмеженими, тому їх використання у процесі виробництва та споживання може призвести ще й до зникнення останніх. Завжди поняття «оптимальні умови відпрацювання вугільних пластів» під водовмісними об'єктами мали на увазі скорочення втрат вугілля у запобіжних ціликах, що залишаються в межах небезпечного впливу цих об'єктів, без зниження рівня безпеки ведення гірничих робіт. Тому, основна наукова зацікавленість притаманна питанням встановлення особливостей, закономірностей та залежностей розвитку зон техногенних водопровідних тріщин у пластах масиву гірських порід, що розробляються, для прогнозування ступеня тріщинуватості з метою підвищення безпеки та ефективності виїмки вугільних пластів. При цьому увага щодо наслідків такого відпрацювання та вірності методів розрахунку меж безпечного ведення гірничих робіт (БВГР) має дуже обмежене висвітлення у наукових дослідженнях.

Мета. Вивчення та аналіз умов підробітку бучацького водоносного горизонту для безпечного вилучення запасів вугілля та визначення межі зони БВГР. Розрахунок зони БВГР для вугільного пласта c_1 ділянки шахти «Благодатна» методом побудови моделей просторових змінних.

Об'єкт досліджень. Процеси пливучості бучацького водоносного горизонту шахти «Благодатна».

Матеріали та методи досліджень

Проведено аналіз та узагальнення геологічних та гірничо-геологічних матеріалів шахти «Благодатна». Досліджено процеси пливучості бучацького водоносного горизонту вугільного пласта c_1 . Застосовано розрахункові методи

визначення захисної зони під пливунами, що підробляються та побудовані моделі просторових змінних.

Виклад результатів дослідження

Під час розкриття насичених підземними водами ґрунтів, переважно пухких, незв'язних, а інколи й м'яких, зв'язних піщано-пилуватих, відбувається рух усієї ґрунтової маси у напрямку дії напірного градієнта. Цей процес отримав назву пливучості. Тобто, ґрунти, насичені водою і такі, що мають цю властивість, називають відповідно пливунами. Прориви пливунів мають місце під час явищ зсуву порід, за рахунок перетину зон підвищеної роздробленості порід, зменшення потужності водотривких порід у ґрунті та покрівлі, а також на ділянках із підвищеними напорами підземних вод. Виникають вони раптово, але протікають із різною інтенсивністю залежно від місцевих геолого-гідрогеологічних умов. Під час проходки гірничих виробок важливо не допустити прориву ґрунту-пливуна і води, що міститься в ґрунтах-пливунах, у гірничі виробки.

Межі БВГР під пливунами в умовах ЗД встановлено експериментальним шляхом дослідниками НГУ (м. Дніпропетровськ), тому чинні норми регламентують допустиму кратність підробітку водних об'єктів для даних умов: вони становлять по нормалі до водоносного горизонту, що підробляється, величину $20\ m$, де m - потужність вугільного пласта, який розробляють, але не менш чим $25\ m$ [1, 2].

Встановлено, що підхід до меж БВГР супроводжується явним проявом води із тріщин обвалення, що досягають висоти близько $30\ m$ (небезпечна зона). небезпечна зона – це ділянка надр, у межах якої під час ведення гірничих робіт потрібно здійснювати додаткові заходи безпеки, що передбачаються, як правило, спеціальними проєктами. Наприклад, у Чехії (Остравсько-Карвінський басейн) глибину розробки пластів потужністю до $1\ m$ під обводненими породами ухвалювали не менше, ніж $40\ m$ (небезпечна зона) і збільшували на $1\ m$ на кожен дециметр потужності пласта понад $1\ m$. На шахті «Павлоградська» Західного Донбасу, у результаті скорочення захисної зони у вигляді потужності порід покрівлі пласта, що розробляється, до підосви пливуну до $20,0-22,0\ m$ під час експлуатації 3-го східного панельного відкаточного штреку пласта c_7 , сталося руйнування породного масиву, внаслідок якого висота штреку на цій ділянці зменшилася до $1,2\ m$, потім з'явилася вода з покрівлі у вигляді струменів із загальним припливом $100\ m^3/год$. За такого надходження води відновити виробку виявилось неможливим.

У разі недотримання умов і меж БВГР під пливунами проходка виробки під таким об'єктом має здійснюватися за допомогою спеціальних заходів: капітального кріплення слабких ділянок виробок і дренажу водоносних горизонтів за допомогою вакуум-фільтрів. Одним із методів закріплення пливучого ґрунту є послідовне нагнітання рідкого скла та розчину хлористого кальцію. Однак, цей метод можливий для ґрунтів із малим коефіцієнтом фільтрації порід (від $2,0 \times 10^{-3}$ до $9,0 \times 10^{-2}$ см/с). Більш ефективним є спільне застосування електроосмотичної фільтрації та нагнітання розчинів, що тверднуть. Дуже ефективним є метод заморожування, проте його недоліком є тимчасовий характер. Більш того, всі ці методи закріплення пливучого ґрунту достатньо коштовні.

Досвід ведення гірничих робіт під пливуном на шахті «Тернівська» [3-5] і шахті «Благодатна» [6] свідчить про те, що основною причиною експлуатаційних ускладнень та аварійних ситуацій є слабка стійкість порід безпосередньої покрівлі, які схильні до швидкого розмокання при зволоженні з втратою властивостей міцності, що, в свою чергу, призводить до різкої втрати несучої здатності порід, вдавнення секцій комплексу та завалювання конвеєра в лаві [1, 7, 8].

Аналіз висновків досліджень [3-5, 9] щодо безпечного відпрацювання запасів вугілля під буцацькими водоносними горизонтами на шахті «Тернівська» показав: буцацький водоносний горизонт поширений на всьому шахтному полі та перекриває всю площу основних запасів робочої потужності вугільного пласта $c_8^{H;0}$. З 1987 р. до 1999 р. шахтою «Тернівська» пласт c_8^H відпрацьовано за спеціальними проєктами 21 виїмковим стовпом при зниженні захисного шару у вигляді потужності порід покрівлі до підосви буцацького горизонту від 30 м (33 м) до 15 м (25 м). При цьому проривів пливуну і раптових проривів води у діючі виробки не було. Згідно з проаналізованими даними істотних ускладнень гірничо-геологічних і гідрогеологічних умов під час роботи лав на ділянках 15 м (25 м) не відбувалося. Проте при зниженні захисного шару у вигляді потужності порід покрівлі до підосви буцацького горизонту менше 15 м (25 м) працювали 828-ма лава до (14 м), 854-та лава (до 12,5 м) і 850-та лава (до 13,5 м). Робота 828-ї та 854-ї лав характеризувалася погіршенням гірничо-геологічних умов, зумовлених обваленням порід покрівлі з утворенням завалів у лавах, а також збільшенням обводнення до $80 \text{ м}^3/\text{год}$, що призводило до частих зупинок лав і значного сповільнення швидкості їхнього просування. Наприклад, у 2000 році у 850-ій лаві стався раптовий прорив води з виносом породи. При цьому утворився купол висотою до 3 м і протяжністю 9 м. Обсяг води, що надійшла, становив $150\text{-}180 \text{ м}^3$, а винос породи $15\text{-}20 \text{ м}^3$. Через тривалий простій при

веденні очисних робіт у 2002 р. відбулося надходження води і породи у 858-му лаву. Після неодноразових безуспішних спроб відновити нормальну роботу, лаву було зупинено і демонтовано. Очисні роботи проводили за величини захисного шару у вигляді потужності порід покрівлі до підосви бучацького горизонту 15,7 м (але не менше 25,0 м).

На західному крилі шахтного поля (блок №3) відпрацювання запасів за пластом c_8^H розпочалося в 2003 році 866-ю лавою. Вище межі БВГР відпрацювання запасів 866-ю лавою проводили до ізолінії захисного шару у вигляді потужності порід покрівлі до підосви бучацького горизонту 17,6 м (29 м) з боку бортового штреку і 18,8 м (31 м) – з боку збірного штреку. Лава зупинена у 2004 році. Ускладнень гірничо-геологічних умов і збільшення припливу води під час роботи на зазначеній ділянці не було. За 866-м бортовим ходом після зупинення лави надходило 2-3 м³/год води, максимальний приплив – 45 м³/год – спостерігався після первинної посадки основної покрівлі. Середньомісячне посування вибою лави становило 100 м.

Очисні роботи у 868-й лаві розпочалися у 2004 р. та завершені у 2005 р. Вище межі БВГР відпрацювання запасів 868-ю лавою проводили до ізолінії захисного шару у вигляді потужності порід покрівлі до підосви бучацького горизонту 16,2 м (26,7 м). За середньомісячного просування очисного вибою 68 м (2,3 м/добу) істотних ускладнень гірничо-геологічних умов у цій зоні не зафіксовано. Загалом очисні роботи у 868-ій лаві виконувалися у складних гірничо-геологічних умовах і супроводжувалися значною кількістю розмивів пласта, обваленням порід покрівлі до 3 м. Посилення припливу води в лаві до 48 м³/год відбулося після первинної посадки основної покрівлі. Надалі після посадок покрівлі припливи води не перевищували 2 м³/год.

У наступні 2005 - 2010 роки очисні роботи проводили вище межі БВГР, за умови дренажування запасів води раніше відпрацьованими лавами. Відпрацювання запасів проводили 872-ю, 874-ю, 878-ю і 876-ю лавами. Внаслідок останнього фактору помітних погіршень гірничо-геологічних умов не відмічене, за винятком прориву води у 878-ій лаві до 150 м³/год, що призвів до короткочасної зупинки лави.

За даними відпрацювання [9] досвід роботи деяких лав показав можливість БВГР на західному крилі шахти «Тернівська» за умови зменшення кратності підробітку бучацького водоносного горизонту. Іншими факторами, що ускладнили роботу і могли створити аварійну ситуацію при веденні підготовчих і очисних робіт, є: наявність маломіцних порід у покрівлі до 3 м незалежно від місця розташування вибою лави відносно БВГР, але які з великою ймовірністю обвалюються за низької швидкості пересування вибою (менш як 3 м/добу); ведення гірничих робіт на ділянках зміни геометрії

вугільного пласта (мульдоутворення); обвалення порід покрівлі у зонах підвищеного гірничого тиску.

Отже, окрім гірничо-геологічних та гідрогеологічних умов відпрацювання вугільного пласта, необхідно враховувати не тільки склад, але й мінливість морфології його покрівлі та залягаючих вище літологічних різновидів порід. Сучасні програмні продукти здатні максимально точно згенерувати поверхню функції двох змінних виду $z = f(y, x)$, тобто картограми морфології шуканих поверхонь. За отриманими даними можна зробити обчислення різниці отриманих моделей просторових змінних, отримати необхідні показники та візуалізувати поверхню у вигляді 2-, 3 D – моделей або картограм в ізолініях.

Розглянемо розрахунок оптимальних умов відпрацювання вугільного пласта c_1 під впливом на прикладі ділянки шахти «Благодатна».

Гірничо-геологічні умови відпрацювання вугільного пласта c_1 141 лавою

Вугільний пласт c_1 у межах виїмкового стовпа 141-ї лави має однопачкову та локально двопачкову будову потужністю від 0,75 м до 1,05 м, прошарок представлений аргілітом вуглистим, шаруватим. Середня геологічна потужність пласта - 1,02 м, планова видобувна потужність - 1,20 м. Залягання пласта практично горизонтальне - 2-3°. Відпрацювання пласта планується в бік повстання. Довжина лави 260 м, загальна довжина планованого виїмкового стовпа - 920 м.

Вугілля чорне, напівматове кларено-дюренове, за напластуванням фюзенізоване, в'язке, міцне, тріщинувате, тріщини заповнені кальцитом з нальотами піриту. Інтенсивність тріщинуватості основних систем тріщин у вугіллі становить від трьох до п'яти тріщин на один погонний метр. Тріщини ендегенного походження, відкриті, шириною 1-2 мм. Контакт вугільного пласта з покрівлею і з ґрунтом чіткий, зчеплення з вміщуючими породами слабке. Місцями спостерігаються локальні розмиви пласта. Породи безпосередньої покрівлі неоднорідні як у розрізі, так і за площею. Характерне літологічне заміщення алевроліту аргілітом.

Безпосередню покрівлю (у нижній частині лави) представляє алевроліт сірий нешаруватий, з уламками вуглефікованої флори, потужністю до 1,5-2,9 м, на початку шару «кучерявчик», який має властивості «несправжньої покрівлі», нестійкий (Б2). Коефіцієнт міцності становить 3,0 (табл. 1). Основну покрівлю представляє алевроліт сірий, нешаруватий з уламками вуглефікованої флори, на початку шару "кучерявчик", потужністю приблизно 8,0 м, середньоруйнівний (А2), коефіцієнт міцності у межах 2,4-3,8.

Таблиця 1

Фізико-механічні показники вміщувальних порід

Найменування порід	Межа міцності, Па (n10 5) від - до / середнє (к-сть визначень)		Коефіцієнт розм'якшення
	природний стан.	після водонад-ння	від - до/с-нє (к-сть визн.)
Аргіліт	33 -285 / 181 (255)	19 -255 / 96 (95)	0,11 – 0,95 / 0,64 (92)
Алевроліт	36 -368 / 226 (185)	34 – 330 / 130 (61)	0,12 - 0,46 / 0,60 (55)
Пісковик	146 – 980 / 322 (64)	26 -765 / 165 (48)	0,21 -0,95 / 0,52 (34)

Алевроліти безпосередньої та основної покрівлі характеризуються відносно високою міцністю (опір їх на одновісне стиснення близько 300 кг/см²), що свідчить про їхню сильну літифікацію. Проте вміст органіки, досить висока пористість (близько 10%) – є ознаками недоущільненої породи. Ці породи схильні до набухання і часткового розмокання протягом 2-4 годин.

Отже, алевроліти деякою мірою виявляють властивості, що притаманні глинистим пластичним породам, для яких характерний реологічний характер деформування. Проте, у процесі підробітку товщі алевролітів розвиток водопровідних тріщин над виробленим простором не обмежується внаслідок відсутності явних реологічних властивостей – змикання і кольматації тріщин за рахунок набухання не відбувається. Невисоке значення гідравлічного градієнта (трохи більше одного) скорочує можливість просування водонасичених пісків тріщинами. При цьому відсутність змикання і кольматації тріщин зумовлює можливість просування водонасичених пісків і статичних запасів води з вищезалегалих порід відкритими тріщинами і розмив стінок тріщин. Підтвердження подібної можливості зафіксовано під час відпрацювання 141-ї лави пласта с₁ горизонт 210 м, під час посадки основної покрівлі на ділянці протяжністю в 10 секцій. За 30 м від 141-го бортового штреку і за 230 м від 141-го збірного штреку (ПК16) відбувся спорадичний водопріплив, який становив до 12 м³/год.

Безпосередня покрівля (у верхній частині лави) - аргіліт сірий, нешаруватий, слабослюдистий із рідкісними прошарками глиносидериту наприкінці шару з включеннями жовнаків глиносидериту, потужністю 1,6 м, нестійкий (Б2), міцний (f=4-4,5), пористість приблизно 11%. Основна покрівля - аргіліт сірий, нешаруватий, слабослюдистий з рідкісними прошарками глиносидериту, наприкінці шару з включеннями жовна глиносидериту, потужністю 4,0-7,6 м, середньозруйновний (А2), слабкий (f = 1,44-2,5).

Аргіліти основної покрівлі характеризуються відносно низькою та середньою міцністю (опір їх на одновісне стиснення близько 144-250 кг/см²), що свідчить про їхню слабку літифікацію. Досить висока пористість (близько 11%) також є ознакою недоущільненої породи. Нестійкість безпосередньої покрівлі пласта c_1 , складеної нешаруватими аргілітами, є негативним фактором з позицій розвитку водопровідних тріщин. Обвалення нешаруватих аргілітів, відсутність їхнього розпушення та набрякання не сприятиме плавному опусканню основної покрівлі, за якого зона нормальних до нашаровування тріщин не матиме обмежений розвиток за висотою. Вироблений простір виявиться заповненим проникними дезінтегрованими породами, які, можливо, не запобігатимуть надходженню підземних вод у робочий простір лави з боку завалу.

Вище аргілітів і алевролітів залягає вуглистий прошарок потужністю 0,35-0,45 м. Коефіцієнт міцності - 3,2. Має статичні запаси води і виходить під бучацький водоносний горизонт. У нижній частині лави в покрівлі вуглистого прошарку залягає прошарок нешаруватого аргіліту, потужністю до 5,9 м. У верхній частині він заміщений пісковиком. На відстані 12,0-8,0 м від покрівлі пласта c_1 залягає пласт дрібнозернистого кварцового, слюдистого, на глинистому цементі, тріщинуватого пісковика потужністю від 7,6 до 20,0 м. Контакт поступовий, міцність низька і середня - 2,7-4,5. Пісковику виходить під бучацький водоносний горизонт за межами виїмкової ділянки та має власні статичні запаси води.

Вище за розрізом між пісковиком і бучацьким горизонтом породи представлені малопотужними шарами алевроліту, аргіліту, вуглистих прошарків, зокрема вугільного пласта c_4^H , і пісковиками, що чергуються, потужністю від 0,75 до 7 м.

Присутність у розрізі потужних водоносних, здатних до зависання в основній покрівлі пластів порід (у підроблюваній товщі), зокрема потужного пісковика, є передумовою для можливості утворення порожнин розшарування на контактах пластів різного літологічного складу, що суттєво підвищує вірогідність прояву великих та локальних проривів підземних вод у лаву в районі підходу до межі БВГР (у зоні стародавньої кори вивітрювання - верхньої обводненої частини карбону, потужністю 25-30 м).

Таким чином, очисна виробка проводиться вугільними пластами та вміщуваними породами, які мають вихід під бучацький водоносний горизонт, потужністю: алевроліт горизонтально-шаруватий, слюдистий, злам нерівний, контакт поступовий, нестійкий, потужність не витримана, у середньому 7,8 м; аргіліт темно-сірий, однорідний із залишками обвугленої флори, схильний до пучіння і розмокання, потужність 2,8-4,0 м. При цьому у вугіллі пласта c_1

кліваж практично відсутній, тріщинуватість до 5 тр/п.м. Під час проходки 141-го збірного штреку в районі ПК 56 зафіксовано виділення води з покрівлі у вигляді інтенсивних струменів. Породи безпосередньої покрівлі вугільного пласта розбухають через 2-4 години, але тріщини не кольматуються, тобто відкриті, розшарування за шаруватістю відсутнє.

Оскільки у покрівлі вугільного пласта c_1 над алевроліто-аргілітовою товщею на ділянці проведення очисних робіт 141-ю лавою залягає пісковик (сірий, слюдистий, кварцовий, на глинистому цементі, низької та середньої міцності ($f = 2,75-4,75$), потужністю до 20,0 м, надходження води до лави можливе водопровідними тріщинами з цього пісковика, що має свої статичні запаси води і безпосередній вихід під бучацькі відклади. Проведення виробки ускладнено наявністю небезпечної зони з прориву води біля неякісно затампованої свердловини № 4479. У пустотах, утворених унаслідок вивалів, можливі скупчення метану. Під час посадки основної покрівлі у зонах зміни літології безпосередньої покрівлі (алевроліт, аргіліт) можливі раптові обвалення порід, оскільки зчеплення порід покрівлі слабке, в умовах обводнення відсутнє практично повністю. За викидами і гірничими ударами вугільний пласт не небезпечний. Пласт c_1 небезпечний за пилом. До самозаймання не схильний. Швидкість посуву вибою 155 - 156 м/міс. Висока швидкість просування лави дає змогу підвищити навантаження на очисний вибій, унаслідок чого, за даними [2], зменшується надходження води у призабійний простір, підвищується стійкість і стан безпосередньої покрівлі, підвищується стійкість підготовчих виробок, що примикають до вибою. За великих швидкостей переміщення вибою деформації розтягування з розривом суцільності порід не досягають поверхні, що істотно знижує можливість прориву води і водно-піщаної суміші у гірничі виробки.

Таким чином, гірничо-геологічні, гідрогеологічні та гірничотехнічні умови відпрацювання 141-ї лави характеризуються як складні, що зумовлюється наступними чинниками: схильністю порід покрівлі до обвалення на висоту до 0,5 м на ділянках підвищеної тріщинуватості порід; досить низькою міцністю вміщуючих порід; схильністю порід покрівлі та ґрунту до набрякання і здимання із втратою несучої здатності, інтенсивного обвалення пластів безпосередньої покрівлі; схильністю порід безпосередньої та основної покрівлі до відсутності кольматації тріщин і їхньої відкритості; присутністю у покрівлі шару пісковика, що має безпосередній вихід під бучацькі піски і має власні статичні запаси води; наявністю зон зміни літологічного складу порід безпосередньої покрівлі, розташованих на різних ділянках виробки, в яких можливі обвалення порід покрівлі на висоту до 2-3 м

(за аналогією з вже відпрацьованими виїмковими ділянками на полі шахти «Тернівська»).

Гідрогеологічні умови ведення очисних робіт ускладнюються надходженням у лаву припливів підземних вод з боку покрівлі переважно за рахунок бучацького водоносного горизонту. Загальний приплив у виїмковий стовп 141-ї лави очікується до $50 \text{ м}^3/\text{год}$ під час первинної посадки основної покрівлі з подальшим загасанням до $5\text{-}15 \text{ м}^3/\text{год}$ (з досвіду відпрацювання лав на полі шахти «Тернівська»). Збільшення водоприпливів до $100 \text{ м}^3/\text{год}$ можливе за тривалих простоїв лави. Можливе розкриття ділянок із русловими розмивами вугільного пласта, заміщених перевідкладеним аргілітом або алевролітом, вельми нестійким, схильним до обвалення на висоту до $0,5 \text{ м}$. Несприятливим фактором є відсутність дренажу можливих статичних запасів води у покрівлі вугільного пласта суміжними лавами у зв'язку з їх відсутністю.

Стан підготовчих виробок відмінний. Водоприплив під час проходження 141-го бортового і збірного штреків не перевищував $5 \text{ м}^3/\text{год}$.

З огляду на те, що межі безпечного ведення гірничих робіт під пливунами в умовах шахтних полів Західного Донбасу становлять по нормалі до водоносного горизонту, що підробляється, 20 м ($20 \times 1,2 = 24,0 \text{ м}$, але не менш як 25 м), а підхід до меж БВГР супроводжується яскравим проявом води із тріщин обвалення, що досягають висоти приблизно 30 м , межа зони безпечного ведення гірничих робіт 141-ю лавою встановлена 30 м (20 м , але не менше ніж 25 м , за висоти водопровідних тріщин 30 м). Межу уточнено за даними паспортів геологорозвідувальних свердловин з урахуванням нормативних документів і досвіду ведення очисних робіт у гірничо-геологічних умовах шахтних полів Західного Донбасу.

Розрахунок меж безпечного ведення гірничих робіт (БВГР).

Для розрахунку меж БВГР методом побудови моделей просторових змінних, проведено інтерполяцію фактичних даних за 15-ма геологорозвідувальними свердловинами, розташованими на ділянці проведення 141-ї лави пласта c_1 у безпосередній близькості від проектованої очисної виробки (рис. 1, а).

До інтерполяції прийнято абсолютні відмітки покрівлі вугільного пласта (рис. 1, а) і абсолютні відмітки підосви пісків бучацьких відкладів (рис. 1, б). За допомогою віднімання (функція residuals) однієї інтерпольованої поверхні від іншої, отримано та візуалізовано в горизонталях картограму потужностей порід покрівлі вугільного пласта c_1 до підосви пливуну ($Pg2bu$) - рис. 1, в. Положення раніше затвердженої у 1988 році зони БВГР у результаті застосу-

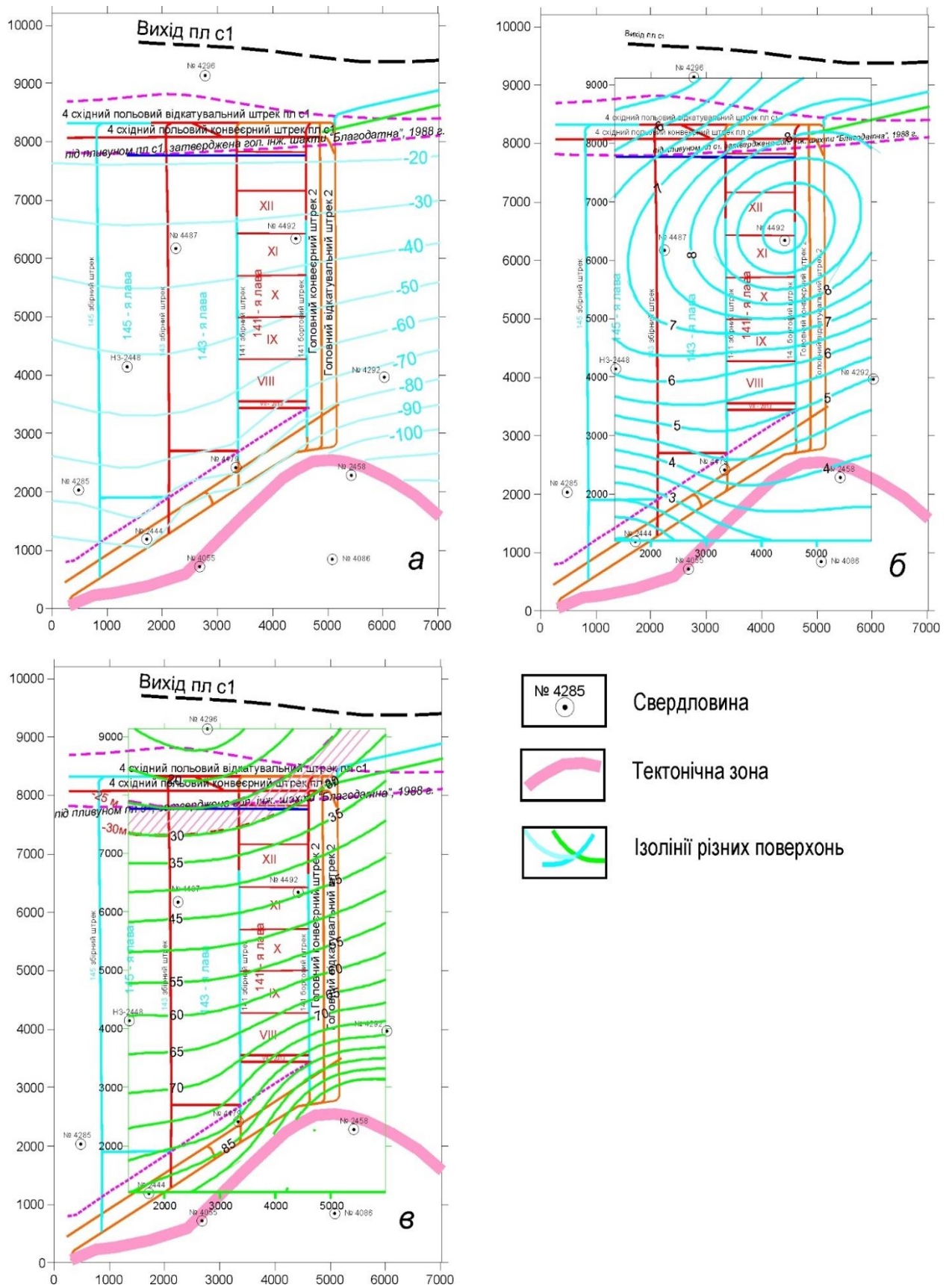


Рис. 1. Результат розрахунку межі БВГР методом побудови моделей просторових змінних: картограма покрівлі вугільного пласта (а); картограма підосви пісків буцацьких відкладів (б); картограма потужності порід покрівлі вугільного пласта с₁ до підосви пливуну з уточненням межі БВГР (в).

вання прийомів побудови моделей просторових змінних уточнено та винесено на план гірничих робіт.

Зона між ізолініями потужності порід покрівлі до підосви пливуну, що відповідає ізолініям 25 м і 30 м (рис. 1, в), є небезпечною для відпрацювання і зумовлена можливим рясним проявом води з тріщин обвалення за умов відсутності дренажування, можливих статичних запасів води в покрівлі вугільного пласта суміжними лавами у зв'язку з їхньою відсутністю.

Висновки

Проведені вивчення та аналіз умов підробітку бучацького водоносного горизонту для безпечного вилучення запасів вугілля та визначення межі зони БВГР та розрахунок зони БВГР вугільного пласту c_1 ділянки шахти «Благодатна» методом побудови моделей просторових змінних, дозволив обґрунтувати доцільність використання методу просторового моделювання поверхонь з числовими значеннями «рельєфу» покрівлі вугільного пласта та підосви водовмісного горизонту з використанням функції residuals з ціллю отримання точних фактичних показників потужності порід покрівлі вугільного пласта c_1 до підосви пливуну.

Положення раніше затвердженої у 1988 році зони БВГР у результаті застосування прийомів побудови моделей просторових змінних уточнено, візуалізовано та винесено на план гірничих робіт.

Доведено, що такий підхід допускає практичну можливість об'єктивного контролю за фактичними показниками безпечного ведення гірничих робіт під пливунами в умовах шахтних полів Західного Донбасу. У дослідженні встановлено, що гірничо-геологічні, гідрогеологічні та гірничотехнічні умови відпрацювання 141-ї лави пласта c_1 характеризуються як складні, що зумовлюється: схильністю порід покрівлі до обвалення на висоту до 0,5 м на ділянках підвищеної тріщинуватості порід; досить низькою міцністю вміщуючих порід; схильністю порід покрівлі та ґрунту до набрякання і здимання з втратою несучої здатності, інтенсивного обвалення шарів безпосередньої покрівлі; схильністю порід безпосередньої та основної покрівлі до відсутності кольматації тріщин і їхньої відкритості; присутністю у покрівлі шару пісковика, що має безпосередній вихід під бучацькі піски і має власні статичні запаси води; наявністю зон зміни літологічного складу порід безпосередньої покрівлі. Всі ці результати посприяли визначенню межі зони БВГР 141-й лави з показником 30 м. Надалі отримані результати можна використовувати при прогнозуванні межі безпечного ведення гірничих робіт під пливунами в умовах шахтних виробок Західного Донбасу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артеменко П.Г., Педченко С.В., Шиптенко А.В. Опыт безопасной подработки бучакского водоносного горизонта на шахте «Терновская». *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*. № 12, 2013. С. 51-55
2. Висновок щодо безпечного відпрацювання запасів вугілля під бучацьким водоносним горизонтом 870-лавої пласта $C_8^H+C_8^{H11}$ на шахті «Тернівська» ПАТ «Павлоградвугілля». Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2006. 25 с.
3. Висновок щодо безпечного відпрацювання запасів вугілля під бучацьким водоносним горизонтом 890-лавої пласта C_8^{H1} на шахті «Тернівська» ПАТ «Павлоградвугілля». Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2006. 29 с.
4. Висновок щодо безпечного відпрацювання запасів вугілля під бучацьким водоносним горизонтом 880-лавої пласта $C_8^H+C_8^{H11}$ на шахті «Тернівська» ПАТ «Павлоградвугілля». Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2011. 30 с.
5. ДСТУ 101.00159226.001-2003 Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: Затв. Мінпаливенерго України 28.11.2003. Київ, 2004. 128 с.
6. Отчет о доразведке поля шахты «Благодатная» и «Павлоградская» / ПО «Укруглегеология», Димитровская ГРЭ, 1977. 198 с.
7. Правила безопасности в угольных шахтах: Утв. Министерством труда и соц. политики Украины 22 08.2000. Киев. 2000 - 495 с.
8. Правила безпеки на вугільних шахтах: НПАОП 10.0.1.01-10. — Затв. Держком України з промбезпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010, № 62. — Київ, 2010.
9. Усаченко Б. М., Чередниченко В. П., Головчанский И. Е. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизованных породах, К.: Наукова Думка, 1990. 144 с.

REFERENCES

1. Artemenko P.G., Pedchenko S.V., Shiptenko A.V. (2013). Experience of safe mining of Buchak aquifer at Ternovska mine. *Scientific works of UkrNDMI NAS of Ukraine*, No. 12, P. 51-55.
2. Conclusion on the safe development of coal reserves under the Buchach aquifer 870-lava of the $C_8^H+C_8^{H11}$ seam at the Ternovska mine of Pavlohradvuhillya (2006). Donetsk: UkrNDMI NAS of Ukraine, 25 p.
3. Conclusion on the safe development of coal reserves under the Buchach aquifer 890-lava of the C_8^{H1} seam at the Ternovska mine of Pavlohradvuhillya (2006). Donetsk: UkrNDMI NAS of Ukraine, 29 p.
4. Conclusion on the safe development of coal reserves under the Buchach aquifer 880-layer $C_8^H+C_8^{H11}$ at the Ternovska mine of Pavlohradvuhillya (2011). Donetsk: UkrNDMI NAS of Ukraine, 30 p.
5. State standards of Ukraine 101.00159226.001-2003 (2004). *Rules for tampering with buildings, structures and natural objects during underground coal mining*: Approved by. Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine, 28.11.2003. – Kyiv, 128 p.
6. Report on additional exploration of the field of the Blagodatnaya and Pavlogradska mines PD "Ugruzlegeologiya" (1977). Dimitrovskaya geological survey, 198 p.

7. *Safety rules in coal mines: Approved by the Ministry of Labor and Social Policy of Ukraine* (2000). Ministry of Labor and Social Policy of Ukraine on August 22, 2000. Kyiv, 495 c.
8. *Safety rules at coal mines: State Regulations 10.0.1.01-10.* (2010). Approved by the State Committee of Ukraine for Industrial Safety, Labor Protection and Mining Supervision on March 22, No. 62.
9. Usachenko B.M., Cherednichenko V.P., Golovchansky I.E. 1990. *Geomechanics of excavation protection in weakly metamorphosed rocks*, Kyiv: Naukova Dumka, 144 p.

N. O. Diachenko

ON THE ISSUE OF SAFE EXTRACTION OF COAL RESERVES UNDER THE BUCHACH AQUIFER

The study and analysis of the conditions for mining the Buchach aquifer for the safe extraction of coal reserves and determination of the boundary of the safe mining operations (SMO) zone and calculation of the SMO zone for coal seam c_1 of the Blagodatnaya mine site by building models of spatial variables, allowed to substantiate the feasibility of using the method of spatial modeling of surfaces with numerical values of the "relief" of the coal seam roof and the base of the water-bearing horizon using the residuals function in order to obtain accurate actual indicators of the thickness of the rocks of the coal seam roof of the c_1 coal seam to the base of the quicksand. The position of the previously approved in 1988 SMO zone as a result of applying the methods of building models of spatial variables was clarified, visualized and put on the mining plan. It is proved that such an approach allows for a practical possibility of objective control over the actual indicators of safe mining operations under quicksand in the conditions of Western Donbas. The study has established that the mining-geological, hydrogeological and mining-technical conditions of the 141 longwall of the c_1 seam are characterized as difficult, which is due to the tendency of the roof rocks to collapse to a height of up to 0.5 m in areas of increased rock fracturing; rather low strength of the host rocks; the tendency of the roof rocks and soil to swell and swell with loss of bearing capacity, intense collapse of the layers of the immediate roof; the tendency of the rocks of the immediate and main roof to lack colmatation of cracks and their openness; the presence of a sandstone layer in the roof that has a direct outlet under the Buchach sands and has its own static water reserves; the presence of zones of change in the lithological composition of the rocks of the immediate roof. All these results contributed to the determination of the boundary of the BVGR zone of the 141 longwall with an indicator of 30 m. In the future, these results can be used to predict the limits of safe mining operations under quicksand in the Western Donbas.

Key words: Western Donbas, Buchach aquifer, safe mining operations, danger zone, coal seam.

ДУ «НЦ Гірничої геології, геоекології та розвитку інфраструктури НАНУкраїни», м. Київ, Україна

Наталя Дяченко

кандидат геологічних наук, с.н.с.

e-mail: natalidyachenko1969@gmail.com,

<https://orcid/0000-0002-4852-0203>

Стаття надійшла: 04.06.2024