

<https://doi.org/10.59911/conf.2023.29>

УДК 622:69.001.5

СПОСІБ ОЦІНКИ МОЖЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ ПРОВАЛІВ НА ПІДРОБЛЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Феофанов А. М.

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
імені М. П. Семененка НАН України, м. Київ, andrei/feo@ukr.net*

Розглядається спосіб оцінки можливості утворення провалів на земній поверхні, яка була підроблена так званими старими гірничими виробками, що збереглися на малих глибинах. Спосіб обґрунтовано і запропоновано в якості розрахункового, що враховує пошарове обвалення вуглепородної товщі та її фактичний стан на момент оцінки.

Ключові слова: покинуті гірничі виробки, оцінка можливості провалоутворення, пошаровий розрахунок, міцнісні характеристики

METHOD FOR ASSESSING THE POSSIBILITY OF SINKHOLE FORMATION IN MINED COAL-BEARING AREAS

Feofanov A. M.

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, andrei/feo@ukr.net*

A method is being considered to assess the possibility of formation of dips on the earth's surface, which is mined up by the so-called old mines, which have been preserved at shallow depths. The method is justified and proposed as a design one, which takes into account the layer-by-layer collapse of the coal column and its actual state at the time of assessment.

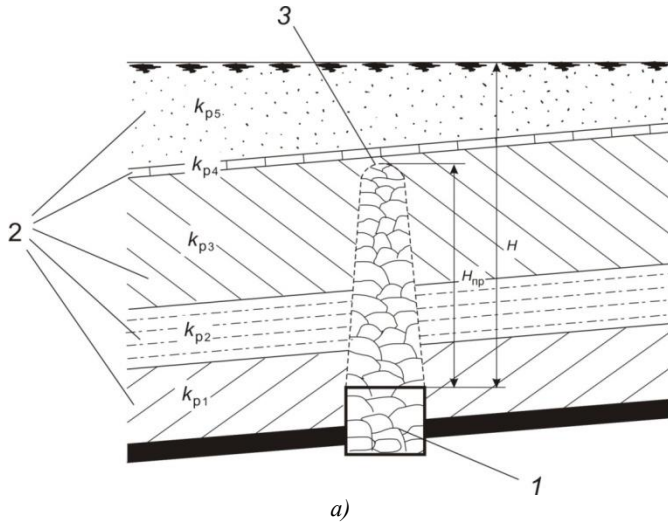
Keywords: abandoned mining workings, assessment of the possibility of failures, layer-by-layer calculation, strength properties

Відомо, що ділянки земної поверхні, які приурочені до виходів вугільних пластів та підроблені старими шахтами, схильні до утворення провалів та прояву підвищених деформацій. Основною причиною утворення провалів є покинуті виробки або порожнини в них [1], які збереглися на малих глибинах (за останніми даними до 160 м). Додаткову актуальність проблемі надає сучасний ринковий підхід до видобутку вугілля, коли з

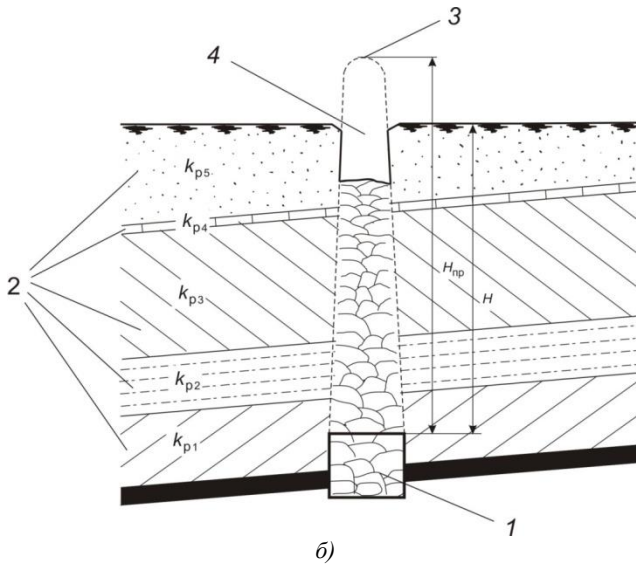
метою мінімізації капіталовкладень та отримання максимального прибутку у відпрацювання залучаються раніше залишені на виходах вугільних пластів некондиційні запаси. В даний час їх видобуток проводиться як старим способом (камерне відпрацювання відбійними молотками), так і сучасним (відпрацювання очисними комплексами смугами за простяганням). При цьому до вже наявної мережі покинутих виробок додаються нові, часом безконтрольні та офіційно невраховані виробки.

Через шаруватість карбонової товщі механізм розвитку провалу над виробкою (порожнечою) *1* (рис. 1) полягає у пошаровому обрушенні вище лежачих порідних шарів покрівлі *2* з накопиченням обрушеного матеріалу на підшві виробки (порожнечі) *1* і поступовому переміщенні склепіння *3* до поверхні з утворенням вирви провалу *4*. У випадках, коли масив складений породами з великим коефіцієнтом залишкового розпушення k_p , склепіння не встигає переміститися до земної поверхні, самоущільнюється обваленими породами і загасає в масиві. У цьому випадку провал на земній поверхні не утворюється.

Таким чином, для оцінки породного масиву щодо можливості розвитку провалу *4* над порожниною *1* необхідно визначити висоту $H_{пр}$ розвитку склепіння обвалення *3* у шаруватій структурі породного масиву з урахуванням послідовного розпушення кожного шару, що залягає. Отриманий результат порівнюється з глибиною залягання H виробки (порожнечі) до покрівлі. Якщо виявиться, що $H_{пр} < H$, то склепіння обвалення *3* самоущільниться породами та не досягне земної поверхні (рис. 1 а). Якщо $H_{пр} \geq H$, то склепіння обвалення *3* вийде на земну поверхню і утворить провал *4* (рис. 1 б).



a)



б)

Рис. 1. Утворення склепіння обвалення з самоущільненням обваленими породами і затуханням в масиві (а) і з виходом склепіння на поверхню з утворенням провалу (б): 1 – покинута виробка (порожняча); 2 – шари покрівлі; 3 – склепіння обвалення; 4 – вирва провалу

У чинному нормативному документі [2] згідно з п. 5.1.16 висоту склепіння обвалення порід над виробкою $H_{пр}$ рекомендується визначати за формулою:

$$H_{пр} = \frac{2,5b}{k_p - 1}, \quad (1)$$

де b – висота виробки в проходці, м;

k_p – коефіцієнт залишкового розпушення, який для однорідної товщі порід покрівлі приймається: для аргілітів 1,15; для алевролітів 1,20, для пісковиків 1,25.

При неоднорідності товщі корінних порід величину k_p слід визначати як

$$k_p = \frac{1,15 \sum m_{арг} + 1,20 \sum m_{ал} + 1,25 \sum m_{піс}}{\sum m_{арг} + \sum m_{ал} + \sum m_{піс}}, \quad (2)$$

де $\sum m_{арг}$, $\sum m_{ал}$, $\sum m_{піс}$ – сумарні потужності шарів аргілітів, алевролітів, пісковиків, які залягають у покрівлі виробки, м.

Однак існуюча методика розрахунку має низьку недоліків:

– враховуються лише три основні літологічні шари (аргіліти, алевроліти, пісковики), що на практиці зустрічається рідко. Також з розрахунку виключені інші шари, присутні у породній товщі Донбасу, такі як вапняки, вугілля, піщано-глинисті сланці тощо;

– коефіцієнти залишкового розпушення для основних породних шарів прийняті у вигляді постійних величин, що не відображає фактичний стан породної товщі саме на момент оцінки;

– у розрахунках не знайшов відображення той факт, що приповерхнева породна товща, в якій розміщуються схильні до утворення провалів покинуті гірничі виробки, переважно знаходиться в зоні вивітрювання, тому шари однієї і тієї ж літологічної приналежності, але які залягають на різних глибинах, матимуть коефіцієнти залишкового розпушення, що відрізняються між собою;

– не враховано вплив гідрогеологічного фактора, який, як відомо, зменшує міцнісні характеристики будь-якої літологічної різниці в залежності від ступеня обводнення.

Зазначені недоліки ставлять під сумнів об'єктивність будь-якого отриманого результату, що в підсумку може позначитися на безпеці підробленої ділянки.

В основу пропонованої корисної моделі поставлено задачу створення способу оцінки можливості утворення провалів на підробленій території, в якому за рахунок випробування на стендовому пресі отриманих при бурінні свердловин зразків керна, визначення міцністних властивостей і коефіцієнта залишкового розпушення для кожного шару, розрахунку висоти зведення можливого обвалення і порівняння з глибиною залягання виробки досягається технічний результат – підроблена гірничими виробками територія адекватно оцінюється на можливість утворення провалів.

Спосіб здійснюють наступним чином.

З поверхні підробленої покинутими гірничими виробками ділянки бурять розвідувальні свердловини на глибину залягання покинутої виробки для визначення:

- висоти та глибини виробки, що збереглася;
- геологічної будови гірського масиву над виробкою з виділенням зон тріщинуватості, розмиву, розшарування літологічних різниць, їх потужностей тощо;

Зразки керна, що були отримані при бурінні, випробовують на стендовому пресі для визначення міцності на тиск (R_i , МПа) кожного літологічного шару окремо. У свій час в ході обробки експериментальних даних [3] була встановлена графічна залежність між коефіцієнтом розпушення k_i и спротивом порід тиску R_i (рис. 2). За допомогою цієї графічної залежності встановлюють для кожного породного шару величину переводного коефіцієнта k_{pi} .

Визначають коефіцієнт залишкового розпушування будь-якого породного шару k_{pi} за формулою:

$$k_{pi} = 0,95 + 10^{1/2} \cdot k_{pi} \cdot \sqrt{R_i}, \quad (3)$$

де R_i – міцність порід i -го шару на стиск, МПа;

k_{pi} – переводний коефіцієнт, який визначається по рис. 3 залежно від величини R_i , $1/\text{МПа}^{1/2}$.

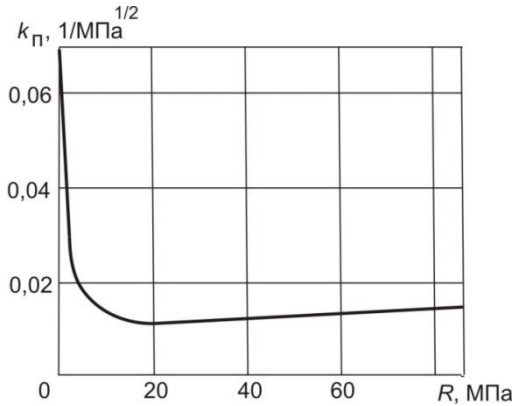


Рис. 2. Визначення переводного коефіцієнту k_{pi} (1/МПа^{1/2}) залежно від величини міцності порід на тиск R_i , (МПа)

Розраховують висоту поширення склепіння обвалу в масиві $H_{пр}$ послідовно від шару до шару, починаючи від безпосередньої покрівлі та далі до поверхні. Виходять з того, що будь-який породний шар, що зависає над пустотою, в процесі обвалення буде заповнювати порожнечу на величину рівну $m_i \times k_{pi}$, де m_i – потужність обваленого i -го шару, k_{pi} – його індивідуальний коефіцієнт залишкового розпушення.

Частина порожнечі, що залишилася, буде заповнюватися за рахунок розпушення наступного шару, що обрушується, зі своїм коефіцієнтом залишкового розпушення. Таким чином, у кожному обрушеному породному шарі проводять порівняння порожнечі, що утворилася над ним, з об'ємом обрушеної в неї породи доти, поки в якомусь шарі не відбудеться самоущільнення порід в склепінні і процес обвалення зупиниться.

Отриману висоту склепіння обвалу в масиві $H_{пр}$ порівнюють з глибиною залягання виробки до покрівлі H і роблять висновок про можливість (неможливість) розвитку провалу на поверхні. Результат коригують залежно від отриманої під час буріння свердловин додаткової інформації про стан масиву.

Пропонований спосіб оцінки можливості утворення провалів на підроблених територіях має наступні переваги:

– розрахунок висоти розвитку склепіння обвалення проводять послідовно від шару до шару, тобто так, як відбувається обвалення масиву в натурі;

– у розрахунках враховують всі породні шари, що складають масив;

– для кожного породного шару, незалежно від літологічної приналежності, встановлюють свій коефіцієнт залишкового розпушення, що відображає реальний стан шару на момент оцінки;

– у процесі буріння свердловин на глибину залягання виробки визначають не тільки необхідні для розрахунку дані, такі, як висота порожнечі, потужності шарів, глибини їх залягань, а й попутні – зони розмивів, тріщинуватості, тектонічної порушеності, розшарування тощо, – що обов'язково враховується під час винесення остаточного рішення;

– можна коригувати розрахунок висоти склепіння обвалу на випадок підтоплення породного масиву поверхневими або підземними водами, зменшивши характеристики міцності обводнених породних шарів відповідно до наведених у [4] даних.

Передбачувана корисна модель може бути використана при оцінці можливості утворення провалів на земній поверхні, що підроблена покинутими гірничими виробками, і відноситься як до вугільної промисловості, так і до промислового та цивільного будівництва.

Перелік використаної літератури

1. Феофанов А. М. Обґрунтування параметрів урахування старих гірничих виробок на малій глибині для охорони поверхневих об'єктів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.15.01. Донецьк, 2003. 19 с.

2. ДСТУ 101.00159226.001-2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. [Чинний від 2003-11-28]. Вид. офіц. Київ : Мінтопэнерго України, 2004. 128 с.

3. Пальчик В. Д. Оценка устойчивости горных пород над старыми выработками. *Метрострой*. 1990. № 1. С. 20.

4. Феофанов А. Н. Прочность пород при увлажнении на различных стадиях метаморфизма. *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*. Донецьк, 2014. № 14. С. 60–72.