

Рис. 3. Графік залежності коефіцієнта устійності откоса від відстані

Предложенные расчеты являются предварительными.

Окончательные расчеты устійности склонов на застраиваемых территориях выполняются проектно-изыскательскими организациями с учетом полного комплекса инженерно-геологических изысканий и выбранного типа инженерных сооружений. При этом нагрузка на склон определяется как сумма бытового давления грунтов основания и нагрузки от проектируемого сооружения.

Расчеты и рекомендации, предложенные авторами, могут быть использованы при освоении присклоновых территорий как морского, так и речного побережья, а также разработке берегозащитных мероприятий, обеспечивающих надежную эксплуатацию инженерных сооружений и коммуникаций и охрану окружающей среды.

### Библиографический список

1. Богун Л.Д., Таранец В.И. База отдыха «Голубая бухта» на Азовском море: Отчет об инженерно-геологических изысканиях. – Донецк: И.Ф. «Геовита» СП «ГЭРЦ» инко, 1993.
2. Таранец В.И., Богун Л.Д. и др. Исследование роли природных и антропогенных факторов гравитационных экзодинамических процессов на территории Донецкой области: Отчет о научно-исследовательской работе. - Донецк: ДонНТУ, 2000. - 100 с.
3. Ломгадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. - Л., Недра, 1977.

© Богун Л.Д., Таранец В.И., Хромов А.Н., Заборин М.С., 2008

УДК 662.66:662.767.1(430)

Инж. ВЛАСЮК О.В. (ДГРП «Донецькгеологія»), докт. геол. наук ВОЛКОВА Т.П., магістрант КУРИЛОВИЧ В.В. (Донецький національний технічний університет)

### ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ГЕОЛОГІЧНИХ ЗАПАСІВ МЕТАНУ У ВУГЛЕНОСНІЙ ТОВЩІ ДОНБАСУ

Вирішення питання комплексного освоєння вугільних родовищ Донбасу як газово-вугільних, охорони навколишнього середовища і безпечного ведення робіт на діючих гірничовидобувних підприємствах потребує детального вивчення всього комплексу проблем газоносності вугленосних відкладів. Актуальними є вирішення питань про форми знаходження природних газів у вугленосному розрізі, оцінки ресурсів і підрахунку запасів метану, а також можливості і шляхи використання вуглеводневої сировини в економіці країни. З'ясування можливості утилізації і вибір

напрямку використання вуглеводневих газів залежить від достовірності визначення форм знаходження природних газів у різноманітних геологічних об'єктах, а також від достовірності кількісної оцінки природних газів.

Вуглеводневі гази, які перспективні для оцінки ресурсів, видобутку та утилізації, містяться в різноманітних геологічних об'єктах: кондиційних і некондиційних вугільних пластах і прошарках; породах, що вміщують вугілля. Також вуглеводневі гази можуть бути представлені малими скупченнями та мікропокладами.

Вуглеводневі гази вугільних пластів і прошарків, а також розсіяні і водорозчинні гази пластів, що вміщують вугілля, у зв'язку зі специфікою геологічної будови (мала потужність, велика глибина залягання вугільних пластів тощо) і сучасним станом використовуваних технологій, є переважно попутною корисною копалиною, яку можна видобувати спільно з відпрацюванням вугільних ділянок і шахтних полів. Вони можуть використовуватися для задоволення власних енергетичних потреб шахт і для місцевого газопостачання. Спираючись на досвід відробки вугілля на шахтах Донецького басейну встановлено, що за весь час експлуатації розвіданих вугільних родовищ регіону може бути вилучено засобами шахтної дегазації приблизно чверть загальних об'ємів вуглеводневих газів, що містяться у вищезгаданих геологічних об'єктах.

Державною програмою „Метан” [1] передбачено збільшення обсягів утилізації метану вугільних родовищ, як альтернативного джерела вуглеводнів, 70% яких імпортується із Росії. Вугленосна товща Донбасу містить значні геологічні запаси вуглеводневих газів. Проблема їхнього рентабельного вилучення пов'язана з особливостями форм залягання і низькими фільтраційно-ємкісними властивостями порід. Значна кількість газів (до 40%) знаходиться у сорбованій формі у вуглистій речовині; близько 55% - у малорухливих формах у пісковиках.

При знятті гірничого тиску у зоні впливу гірничих виробок, що розповсюджується до 200 м у покрівлі і 60 м у підшві, відбувається перерозподіл газів та їхнє надходження до гірничих виробок. Баланс метанонадходжень до виробок дещо відрізняється від природного розподілу газів. Із пласта, що розробляється, і супутників поступає до 70% метану. Із пісковиків, що потрапляють у зону зняття гірничого тиску, надходить до 30% метану. Частина цього газу поступає до дегазаційних систем і може бути утилізована.

Для підвищення ефективності використання метану вугільних родовищ треба мати надійні методи його визначень та кількісних підрахунків. У проекті інструкції по підрахунку запасів шахтного метану ВО „Укрвуглегеологія” надані дуже вдалі формулювання знаходження газів у масиві, гірничих виробках і дегазаційних системах. Газ, що залягає в непорушеному масиві у зоні, яка відповідає майбутньому розвантаженню, названий метаном шахтним (МШ). Газ, що потрапляє з зони розвантаження в шахту, в тому числі у дегазаційні і вентиляційні системи, названий емісійним. Газ, що вилучається системами дегазації, може розглядатися як супутня корисна копалина [2].

У діючих інструкціях [3, 4] відносно однозначно вирішується питання підрахунку запасів метану у вугільних пластах. Принципово шахтний метан вугільних пластів визначається множенням запасів вугілля на природну газонасиченість. Емісійний метан вугільних пластів визначається як метан шахтний за вилученням залишкової газонасиченості, а також коефіцієнту розвантаження (метанонадходження зворотно пропорційні відстані до пластів). Видобувні запаси метану визначаються згідно зі стандартом розрахунку дегазації [5], або по досвіду робіт.



В цілому підрахунок виконується по формулі:

$$V_{\text{вуг}} = X * P * k = X * P * \left| \frac{100 - (A^d + W^{\text{max}})}{100} \right|, \quad (1)$$

де  $V_{\text{вуг}}$  – запаси метану у вугільному пласті в межах об'єкту підрахунку, тис.м<sup>3</sup>;  $X$  – середнє значення природної газонасиченості в межах об'єкту підрахунку, м<sup>3</sup>/т с.б.м.;  $P$  – запаси вугілля в межах об'єкту підрахунку, тис.т;  $k$  – коефіцієнт беззольної маси, долі одиниці;  $A^d$  та  $W^{\text{max}}$  – відповідно зольність та вологість, що прийняті у підрахунку запасів вугілля, %.

Підрахунок запасів метану пісковиків рекомендовано виконувати по формулі [3]:

$$V = X * P, \quad (2)$$

де  $V$  – запаси метану, м<sup>3</sup>;  $X$  – метанонасиченість пісковика, м<sup>3</sup>/т;  $P$  – „запаси” пісковика, т.

Найбільш проблемним є визначення метанонасиченості пісковиків ( $X$ ) на стадії розвідки. Прямі визначення пластовипробувачами КВІ-65 обмежені термінами виконання досліджень, які не дозволяють заміряти відновлені тиски.

Згідно з рекомендаціями, наданими у проекті інструкції до підрахунку запасів шахтного метану ВО „Укрвуглегеологія”, підрахунок запасів метану у пісковиках виконується на базі доступних лабораторних визначень коефіцієнту ефективної пористості ( $K_{\text{ен}}$ ). Розрахунки виконуються згідно з формулою:

$$q_{ni} = K_{\text{ен}} \frac{(0,0085 * 1 * H)}{0,1(1 - \frac{M_{ni}}{M_p})}, \quad (3)$$

де  $q_{ni}$  – питоме метанонадходження, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $K_{\text{ен}}$  – коефіцієнт ефективної пористості;  $H$  – глибина, м;  $(1 - \frac{M_{ni}}{M_p})$  – коефіцієнт розвантаження.

Однак, у проекті інструкції при розрахунках не проводиться коректура газонасиченості на коефіцієнт газонасиченості ( $K_z$ ), що веде до завищення кінцевих результатів. Метод вдосконалення підрахунку запасів метану розглядається на прикладі шахти ім. О.О.Скочинського, яка є одним з перспективних об'єктів з точки зору попутного вилучення і використання метану.

Поле діючої шахти ім. О.О.Скочинського ДП «ДВЕК» розташоване в західній частині Донецько-Макіївського геолого-промислового району, на території Мар'їнського адміністративного району Донецької області та Кіровського, Петровського, Куйбишевського районів м. Донецька.

Шахта розташована у південному крилі Кальміус-Торецької улоговини, у висячому крилі Центрального насуву. Структура – похила монокліналь (7-16°) з північним напрямком падіння. По діагоналі шахтне поле розірване Мушкетівським насувом з амплітудою 5–163 м. В цілому тектонічна будова шахтного поля кваліфікується як проста. При цьому західна і центральна частини характеризуються положистим моноклінальним слабопорушеним заляганням. Моноклінальне залягання у східній частині ускладнено похилими складчастими структурами простої будови, які в свою чергу ускладнені дрібноамплітудними порушеннями. Вугленосна товща шахтного поля має хвилястий вигляд з наявністю локальних антиклінальних та синклінальних структур, що проявляються в неоднорідності газонасиченості вугленосної товщі.

З 6-ти пластів світи  $C_2^3$  розробляється потужний (1,34 м) витриманий пласт  $h_6^1$  на глибині 1200 м. Пласт віднесено до особливо небезпечних по раптовим викидам.

Розробка проводиться з дегазацією. Решта пластів здебільшого тонкі, невитримані. За глибиною залягання (1000-1600 м) шахтне поле належить до 2 групи геологічної складності. Більша частина (96%) шахтного поля розташована на глибинах стабілізації значень природної газонасиченості, нижче границі зони метанового вивітрювання (150-300 м). Виробнича потужність шахти за товарним вугіллям 0,7 млн.т, шахта рентабельна. Весь видобуток діючої шахти використовується для коксування. Шахта ім. О.О.Скочинського, згідно із щорічними наказами Держпромгірнагляду, небезпечна по раптових викидах вугілля, породи і газу.

Для більш детального вивчення розміщення локальних антиклінальних та синклінальних структур була виконана обробка матеріалів геофізичних досліджень у свердловинах (ГДС) із застосуванням комп'ютерної технології „Геопошук”. В результаті переінтерпретації каротажних діаграм вуглерозвідувальних свердловин були отримані коефіцієнти газонасиченості ( $K_z$ ) пісковиків. Можливість оцінки коефіцієнта газонасиченості колектора за геофізичними даними базується на зв'язку питомого електричного опору з газонасиченістю пісковиків.

Згідно з нормативними документами при значеннях  $K_z \geq 0,50$  пісковики відносять до таких, що вміщують вільні вуглеводневі гази в рухливих і малорухливих формах. Аналогічне значення  $K_z = 0,5$  приймається в нафтогазовій геології при розрахунках ресурсів газів на ранніх стадіях прогнозування, при відсутності прямих визначень. Менші значення  $K_z < 0,50$  характеризують водо-газонасні та газо-водонасні колектори. Ця межа рекомендована на рівні  $K_z = 0,35$ .

При дослідженні розподілу газонасиченості пісковиків виділяються три аномальні зони в пісковиків, де коефіцієнт газонасиченості дослідженого колектора більший 0,5. Перша аномальна зона характеризується значеннями коефіцієнту газонасиченості від 0,7 до 0,9. В центральній частині ділянки досліджень розташована друга аномальна зона, що характеризується величинами коефіцієнта газонасиченості за даними ГДС від 0,7 до 0,8. Третя аномальна зона розташована на південь від попередньої. За даними ГДС пісковик в цій аномальній зоні характеризується значеннями коефіцієнту газонасиченості від 0,6 до 0,7.

В цілому на площі розповсюдження пісковиків є газонасиченим. На сході ділянки досліджень пісковиків має коефіцієнт газонасиченості менший 0,5 і інтерпретується як водонасичений на верхніх горизонтах. На рисунку 1 наведено тривимірне зображення газонасиченості пісковиків, що дозволяє прогнозувати в зонах аномально високої газонасиченості наявність замкнених локальних структур. На рисунку добре видно як на фоні газонасиченого пісковиків, що в цілому по площі характеризується значеннями  $K_z = 0,5-0,6$ , вимальовуються три аномальні зони, що були описані раніше.

Для підрахунку запасів (ресурсів) шахтного метану малопористих колекторів пропонується формула, що була адаптована з типових газових родовищ. Таким чином розрахунок вестиметься з урахуванням природних термо- і газодинамічних умов, колекторських властивостей пісковиків та характеру їх насичення:

$$V_n = S \cdot H \cdot K_n \cdot K_z \cdot (P_n \cdot \frac{1}{Z_n} - P_k \cdot \frac{1}{Z_k}) \cdot f \cdot \eta, \quad (4)$$

де  $V_n$  – ресурси метану, тис.м<sup>3</sup>;

$S$  – горизонтальна проекція об'єкту підрахунку (структура, блок), тис.м<sup>2</sup>;

$H$  – середня вертикальна ефективна потужність пісковиків на площі підрахунку, м;

$K_n$  – середній коефіцієнт відкритої пористості, долі одиниці;

$K_z$  – середній коефіцієнт газонасиченості ( $K_z = 1 - K_s$ , де  $K_s$  – коефіцієнт залишкової водонасиченості), долі одиниці;



$P_n$  – середній початковий пластовий тиск у газовому покладі,  $10^5$  Па (кгс/см<sup>2</sup>),

$P_n = H_p \cdot 0.1$ , де  $H_p$  – глибина, м;

$P_k$  – кінцевий пластовий тиск, приймається рівним  $1 \cdot 10^5$  Па;

$Z_n$  – коефіцієнт стисливості газу у пластовому стані, долі одиниці;  $P_k \cdot \frac{1}{Z_k} = 1$ ; □ -

виправлення на температуру для приведення об'єму до стандартних умов, долі одиниці;  $\eta$  – коефіцієнт витягу газу, приймається рівним 1 для умов «наявності в надрах».

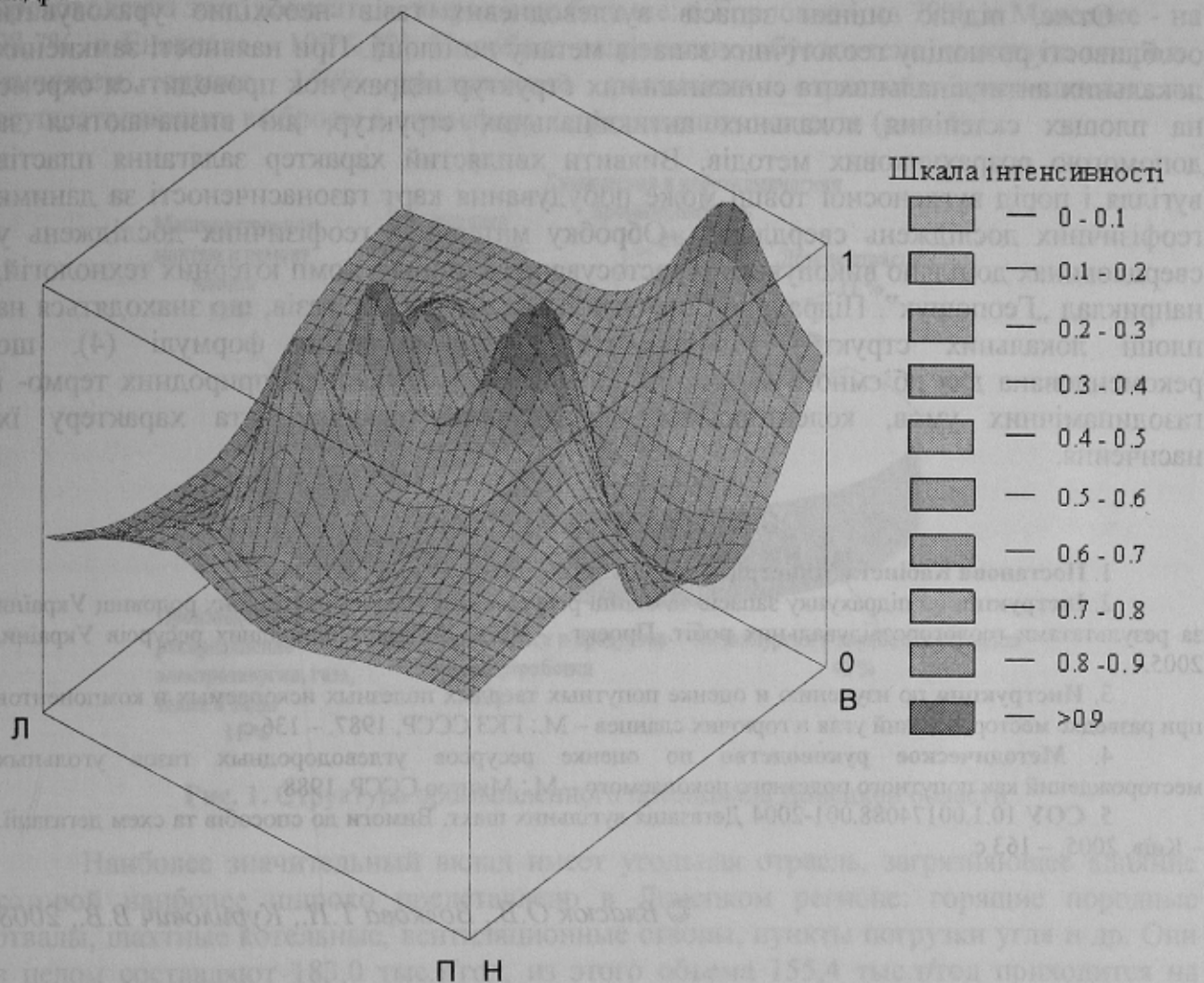


Рис. 1. Тривимірне зображення газонасиченості пісковика  $h_5Sh_6^1$  на полі шахти ім.О.О.Скочинського

Всього станом на 01.01.08 по вугільному пласту  $h_6^1$  на невідпрацьованій площі шахтного поля по запропонованій методиці підрахована наступна кількість емісійних запасів метану, що потрапляють у вентиляційні і дегазаційні системи:

- вугільні пласти-супутники покрівлі - 726 млн.м<sup>3</sup>;
- власне пласт  $h_6^1$  - 1634 млн.м<sup>3</sup>;
- пісковики покрівлі – 2329 млн.м<sup>3</sup>;
- пісковики підшви – 532 млн.м<sup>3</sup>.

Із цієї кількості емісійного метану метан видобувний, що буде вилучений системою дегазації, складе 1706367 тис.м<sup>3</sup>.

У дійсний час фактичні щорічні запаси емісійного метану, що вилучається шахтою, складають 36 млн.м<sup>3</sup> (тобто 50 м<sup>3</sup>/т д.д.), у тому числі видобувні 12,4 млн.м<sup>3</sup> (31%). Метан не використовується. В той же час шахта щорічно виплачує податки за

забруднення доквілля метаном у сумі 294 тис.гр., у тому числі 90 тис.гр. за викиди видобувного метану. Одночасно на опалення котельні шахта використовує 5000 т вугілля на суму (по собівартості) 1,2 млн.гр. Економічна ефективність за рахунок використання для опалення метану, що фактично вилучається шахтою, і зменшення податків складатиме  $1,2+0,09=1,3$  млн.гр./рік.

Достовірність (або надійність) підрахунків підтверджується відповідністю підрахованих емісійних запасів метану існуючій відносній метанозбагаченості виробок –  $5221 \text{ млн.м}^3:95 \text{ млн.т}=50,7 \text{ м}^3/\text{т д.д.}$  (де 95 млн.т – запаси вугілля пласта  $h_6^1$ ).

Отже, під час оцінки запасів вуглеводневих газів необхідно враховувати особливості розподілу геологічних запасів метану по площі. При наявності замкнених локальних антиклінальних та синклінальних структур підрахунок проводиться окремо на площах склепіння локальних антиклінальних структур, які визначаються за допомогою розрахункових методів. Виявити хвилястий характер залягання пластів вугілля і порід вугленосної товщі може побудування карт газонасиченості за даними геофізичних досліджень свердловин. Обробку матеріалів геофізичних досліджень у свердловинах доцільно виконувати із застосуванням однієї з комп'ютерних технологій, наприклад „Геопошук”. Підрахунок малорухливих та вільних газів, що знаходяться на площі локальних структур, пропонується виконувати по формулі (4), що рекомендована для об'ємного методу підрахунку, з урахуванням природних термо- і газодинамічних умов, колекторських властивостей пісковиків та характеру їх насичення.

### Бібліографічний перелік

1. **Постанова Кабінету Міністрів України** від 6 вересня 1999 р. № 1634.
2. **Інструкція** по підрахунку запасів та оцінці ресурсів газу (метану) вугільних родовищ України за результатами геологорозвідувальних робіт. Проект. – Київ: Держком природних ресурсів України, 2005.
3. **Інструкція** по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых и компонентов при разведке месторождений угля и горючих сланцев – М.: ГКЗ СССР, 1987. – 136 с.
4. **Методическое руководство** по оценке ресурсов углеводородных газов угольных месторождений как попутного полезного ископаемого – М.: Мингео СССР, 1988.
5. **СОУ 10.1.00174088.001-2004** Дегазация вугільних шахт. Вимоги до способів та схем дегазації. – Київ, 2005. – 163 с.

© *Власюк О.В., Волкова Т.П., Курилович В.В., 2008*

УДК 551.510.4

Докт. геол. наук ВОЛКОВА Т.П., магістрант ФАЛЕВИЧ В.В. (Донецкий национальный технический университет)

### АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

На протяжении многих лет в Донбассе сложилась весьма напряженная экологическая обстановка, которую обеспечивает все возрастающее техногенное воздействие на окружающую среду. Здесь широко представлены предприятия металлургической, энергетической, коксохимической, строительной и других отраслей промышленности. Особенно большое влияние оказывает горнодобывающая промышленность: разработка углей и других полезных ископаемых. Техногенная нагрузка на окружающую среду в регионе превышает среднюю в 5-15 раз [1].