

КАТАГЕНЕТИЧНЕ ГАЗОУТВОРЕННЯ У ВІДКЛАДАХ ДОНБАСУ

Наряду с традиционными запасами природного газа, находящегося в углях, как дополнительный источник его, рассматриваются вмещающие терригенные отложения.

KATAGENETIC GASIFICATION IN DONBAS DEPOSITS

Along with the traditional supplies of natural gas being in coals, as additional source of him, the containing terrigenous deposits are examined.

Проблема нафтогазоносності теригенних відкладів вугільних родовищ, зокрема і Донбасу, не втрачає актуальності від початку видобутку чорного „золота”. Їй присвячено багато публікацій як вітчизняних, так і закордонних науковців. Вагомий внесок у вивчення цієї характеристики вугілля та породної товщі зробили співробітники академічних інститутів: геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ) та геології і геохімії горючих корисних копалин НАН України (м. Львів). Вченими ІГТМ НАНУ розроблена та впроваджена методика прогнозу зон скупчення вільного метану [1-5]. Увага дослідників зосереджувалась на газах у вугільних пластах, основними компонентами яких є – метан, азот і вуглекислий газ. Вивчалось поширення і вміст всіх складових природного газу у вугленосній товщі. Але концентрація газів у вугіллі та породах різна через відмінність умов їх утворення, що породжувало взаємовиключні теорії походження газів. Проблема утворення кожного з провідних компонентів природного газу вугільних родовищ дотепер не вирішена.

Запропонована вашій увазі робота переслідує мету узагальнення теоретичних та практичних досліджень газоутворення в теригенних відкладах Донбасу. В.А. Соколов [6] вважає, що формування газових і нафтових скупчень може відбуватись кількома шляхами. Один із них – утворення газу в самому пісковнику. Літологічна строкатість розрізу осадоної товщі та тектонічна активність у регіоні породжують різні процеси, які неоднаково змінюють органічну речовину і породи: гіпергенез, катагенез та інші. Щодо шахтного метану – висуваються такі гіпотези його виникнення: біогенна, термогенна і ендегенна (генерація флюїдів з мантиї). Прихильники синтетичного абіогенно-біогенного походження природних вуглеводнів вважають їх утворення результатом дії глибинних катагенетичних [7-8] і посткатагенетичних чинників [9-11]. Як один із можливих способів генерації вуглеводнів розглядалася також реакція їх синтезу з гранично окислених сполук вуглецю (карбонатів, CO_2 , CO_3^{-2} , води) і водню (H_2O) [12]. Експериментально доведено – при механічній активації речовин, імітуючій дію тектоно-сейсмічних процесів, синтез вуглеводнів відбувається при температурах від $20-90^\circ$ до $250-300^\circ\text{C}$ із неорганічних компонентів гірських порід. Кожний з авторів названих гіпотез знаходив аргументи на свою користь.

Як відомо [13, 14], біогенний метан відрізняється від генерованого з глибин легшим ізотопним складом вуглецю – вміст C^{13} вкладається в діапазон від 55 до 85 %, а значення від 35 до 50 % характерне для газів нафтового походження. Вивчення карбонатних конкрецій теригенних відкладів виявило зростання зна-

чень C^{13} до краю конкрецій, що вказує на посилене привнесення CO_3^{-2} за рахунок розчинення розсіяних в породі первинних седиментаційних карбонатів [15, 22]. Процеси карбонатутворення ($CO_2-HCO_3^-CO_3^{2-}$) виявляються єдиними, які ведуть до зміщення ізотопного складу вуглецю в сторону зростання кількості C^{13} [15]. Не зосереджуючи увагу на походженні кожного з компонентів природного газу, простежимо зміну деяких з них під час катагенезу на прикладі проб пісковиків світ середнього карбону ($C_2^5-C_2^7$) в перетині регіону (рис. 1). Для позначення стадій катагенезу використана класифікація у редакції М.Б. Вассоєвича [16].

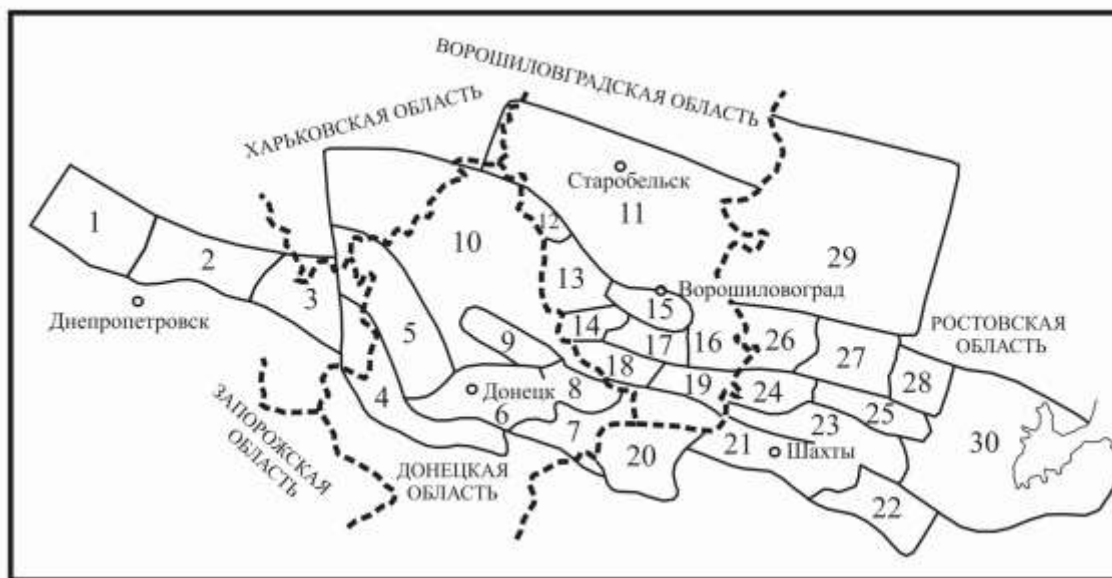


Рис. 1 – Адміністративна схема Донбасу і його промислових районів:
5-Красноармійський; 6-Донецько-Макіївський; 9-Центральний; 13-Алмазно-Мар'ївський; 14-Селезнівський; 16-Краснодонський

Дослідження вибухонебезпечних властивостей відкладів вугленосної товщі [1-5, 13] показало – найбагатшими на газ є пісковики таких генетичних типів як: руслові, підводних виносів рік та узбережжя морів з ознаками підводних виносів рік. За пропорцією $C_{орг.}$ вугілля до $C_{орг.}$ порід на першому місці алмазна світа $C_2^6 - 1,74$; на другому кам'янська $C_2^5 - 1,40$; далі – горлівська $C_2^7 - 0,73$; за даними М.М. Страхова [17], найменший показник у білокалитвинської світи $C_2^4 - 0,55$. Співробітниками лабораторії дослідження структурних змін гірських порід у цих світах встановлено – у закритих порах пісковиків, у мікродеформаціях структури мінералів (кварцу, польових шпатах та інших) в розрізі карбону Донбасу знаходяться метан і вуглекислий газ (переважно) з домішкою азоту та водню (табл. 1). Числівник - середній вміст газу в б'омівських смужках кварцу, знаменник - середній вміст газу в закритих порах пісковиків. В графі «Геол. індекс...» в дужках показана кількість проб.

Таблиця 1 – Середній склад газів у бьомівських смужках уламкового кварцу і в закритих порах пісковіку з відкладів світ C_2^5 - C_2^7 [18]

Шахта, район	$CO_2 + N_2$ мол. %	CH_4 мол. %	Геол.індекс і рівень ката- генезу
Ім. О.М. Стаханова Красноармійський.	$45,7 + 20,0$	$\frac{22,9}{38,5}$	низи C_2^5 (1)
	$30,9 + 15,4$		низи C_2^6 , МК ₂ (7)
	$34,9 + 24,9$	$\frac{18,3}{18,9}$	
	$35,8 + 9,3$		
Бутівська-Глибока Донецько-Макіївський	$\frac{11,8 + 9,3}{12,4 + 7,5}$	$\frac{54,2}{66,0}$	верхи C_2^7 МК ₂₋₃ (3)
Ім. К.А. Румянцева Центральний	$\frac{25,5 + 2,1}{25,7 + 6,5}$	$\frac{65,5}{62,2}$	верхи C_2^5 МК ₅ (3)
Самсонівська-Зах. Краснодонський	$\frac{42,9 + 7,1}{9,2 + 9,1}$	$\frac{28,6}{54,5}$	низи C_2^5 МК ₂₋₃ (1)

В стратиграфічному розрізі найбагатші метаном пісковіки верхньої частини світи C_2^7 з рівнем катагенезу МК₂₋₃ Донецько-Макіївського району. Щодо зерен кварцу (уламкового), то першість за вмістом газу належить його пробам з пісковиків верхньої частини світи C_2^5 Центрального району з катагенетичними перетвореннями рівня МК₅. Як бачимо з таблиці 1, інтенсивність катагенетичних перетворень пісковиків призводить до збільшення кількості метану у складі газової фази і майже паритетний його вміст у включеннях деформаційних (бьомівських) смуг кварцу та в порах пісковиків.

У вуглекислого газу обернено пропорційна залежність вмісту в порівнянні з метаном. Найменша кількість його зафіксована в пісковиках світи C_2^5 шахти Самсонівська-Західна Краснодонського району. Пояснюється це активною задіяністю CO_2 в хімічних реакціях з утворенням метастабільної вугільної кислоти HCO_3^- і вторинного кальциту. Середній вміст катагенетичного кальциту в нижній частині світи C_2^5 складає 7,8 % [19]. На сусідній шахті Суходольська-Східна за даними [20] у вугільному пласті k_2 цієї ж світи середній вміст CO_2 -1,8 %, CH_4 -49,36 %, N_2 -48,5 %. В породах, серед яких залягає цей пласт, спостерігається інтенсивне катагенетичне мінералоутворення, де метан і діоксид вуглецю каталізують геохімічні процеси. У відкладах світи C_2^6 північно-східних районів барогеохімічними дослідженнями [21] встановлено вміст метану. Крім кварцу уламків та з прожилків, він зафіксований у катагенетичному кальциті з вапняка нижньої частини цієї світи. Максимальні значення характерні для рівня катагенезу МК₅ (шахта Ломоватська Алмазно-Мар'ївського району (табл. 2). Позначення в таблиці: арг. – аргіліт; cal – кальцит; Q – кварц; L₁ – вапняк.

Цікаво, що на антрацитовому рівні катагенезу щодо вмісту метану відзначається перевагою кальцит, а не жильний кварц із пісковиків карбону. Першість серед легких компонентів включень належить вуглекислому газу і метану, склад розчинів у включеннях – хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Таблиця 2 – Середній склад газів у закритих порах кварцу і кальциту у відкладах світи C₂⁶ північних районів [21].

Шахта, район	CO ₂ + N ₂ мол. %	CH ₄ мол. %	Геол.індекс і рівень ката- генезу
	кальцит (см ³ /г)		
Україна Селезнівський	0,761	0,047	МК ₂ C ₂ ⁶ , L ₁
Максимівська Алмазно-Мар'ївський	0,166	0,017	МК ₃ C ₂ ⁶ , арг.
Ломоватська Алмазно-Мар'ївський	0,719	0,110	МК ₅ , L ₁
Комісарівська Селезнівський	0,375	0,023	АК ₁ , Q
	0,319	0,056	АК ₁ , cal

Загальновідомі процеси карбонатування ведуть до зміщення ізотопного складу вуглецю в бік зростання вмісту ізотопу C¹³ [15]. На думку ряду вчених [15, 20, 22] ізотопно легкий вуглець виноситься з метаном, а ізотопно важкий виноситься з вуглекислим газом. Г.І. Войтов [20] вважає ізотопно важкий вуглець продуктом вилуговування вуглекислого кальцію з вмісних порід. Інтенсивне збагачення вторинними карбонатами спостерігалось у відкладах кам'яної світи (на сході) і горлівської – (на південному заході). Тобто, у стратиграфічному розрізі Донбасу мали місце дві потужні хвилі катагенетичного поширення карбонатів. Між метаном і вуглекислою протікає обмінна реакція: причому – чим вища температура, тим більше йде вирівнювання вмісту ізотопів в обох сполуках, тобто у метану буде менше ізотопів C¹²[15].

На основі досліджень [20, 23] зафіксовані варіації ізотопного складу вуглецю метану з вугільних пластів Донбасу в діапазоні від –65 до –29 ‰, що засвідчує присутність газу як термогенного, так і біогенного походження. Також на прикладі вугільних пластів (I₁ і m₃) шахти ім. О.Ф. Засядька виявлена тенденція зростання вмісту ізотопу C¹³ у верхній частині середнього карбону. Щодо ступеня катагенетичних змін, то аналіз даних у таблицях 1 і 2 показав – інтенсивне газоутворення в пісковиках-колекторах вугленосної товщі відбувається на стадії середнього катагенезу рівня МК₂– МК₅.

Таблиця 3 – Склад газів у відкладах світи C₂⁵ і C₂⁷ шахт південно-західних районів [23, 24]

Шахта, район, світа	CO ₂ + N ₂ %	CH ₄ %	Вміст C ¹³ у CH ₄ з Вугілля	Геол. індекс і рівень катагенезу
Краснолиманська C ₂ ⁵	58,2+28,5	13,3	-34,51 до	Над k ₅ аргіліт
Красноармійський	9,1+2,8	88,1	-37,58‰	Пісковик МК ₃ .
Ім. О.Ф. Засядька C ₂ ⁷	66,5+13,8	19,7	-42,5 до	Над m ₃ аргіліт
Донецько–Макіївський	8,5+3,6	87,9	-24,36‰	Пісковик МК ₄

На думку В.А. Привалова [25] „продуктивне газонасичення гірських порід малої проникності здійснюється за рахунок автохтонного газонасичення вугленосних відкладів при термокаталітичній генерації газу, яка мала імпульсний характер”. Термодеструкція розсіяної органічної речовини (РОР) відбувається за умови зростання глибини залягання породи і температури. Експерименти [12, 20, 24, 25 та ін.] підтверджують ці структурно–молекулярні перетворення РОР – таблиця 4.

Таблиця 4 – Температурна шкала катагенетичних перетворень відкладів пісковиків і вугілля

Шахта, район	Температура, градус	Тиск, мПа	Геол.індекс і рівень катагенезу
Баранов, 1989 [18]	Кварц		
Краснодонський, Красноармійський Донецько-Макіївський Центральний	100-130		Г-МК ₂ - C ₂ ⁵ ,
	120-140		Г-МК ₂
	120-140		Ж-МК ₂₋₃
	160-180		ПС-МК ₅
	180-220		П-АК ₁
Привалов, 2004 [25]	Вугілля		
Красноармійська монокліналь Донецько-Макіївський	60		Д-МК ₁
	80		Г-МК ₂
	80-130		Ж-МК ₃
	130		К-МК ₄
Чистяково-Сніжнянський	130-170		ПС-МК ₅
	170-200		П-АК ₁
	200-250		А-АК ₂

Встановлені різними методами температура формозміни включень в б'юмівських смужках (площинах ковзання) кварцу пісковиків і температура деструкції вугілля в розрізі басейну показали певний збіг значень початку і завершення катагенезу.

Додатковим аргументом на користь автохтонного газонасичення пісковиків завдяки термокаталітичним реакціям є зафіксована виробничниками значна кількість суфлярів у відкладах світ C₂⁶ – C₂⁵ Алмазно-Мар'ївського і Селезньовського районів (табл. 5).

Таблиця 5 – Газопрояви в геолого-промислових районах Луганської області

Назва району	Кількість суфлярів у світах				
	C ₂ ⁷	C ₂ ⁶	C ₂ ⁵	C ₂ ³	Всього
Лисичанський	-	13	23	40	76
Алмазно-Мар'ївський	-	118	30	30	151
Селезньовський	2	114	81	-	197
Луганський	-	15	5	20	40
Краснодонський	-	-	12	4	16
Боково-Хрустальський	-	75	15	-	90

Дослідження [26], виконані на двох шахтах Алмазно-Мар'ївського району,

показали – диференціація обмінних реакцій в породах світи C_2^6 , підсилена тектонічними рухами, сприяє газоутворенню безпосередньо в пісковиках. Зони, небезпечні за викидами, зазнають напруги стискування і характеризуються високою щільністю висхідних потоків природних газів.

Отже, експериментальні дослідження і спостереження на виробництві засвідчують полігенетичну природу газів вугільних родовищ. Утворення, розподіл та концентрація метану серед теригенних відкладів не припиняється і стимулюється низкою хімічних та фізичних чинників у супроводі тектонічних рухів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Геологические факторы выбросоопасности пород Донбасса / В.Е. Забигаило, А.З. Широков, И.С. Белый [и др.] – К.: Наукова думка, 1974. – 270 с.
2. Забигаило В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В.Е. Забигаило, В.И. Николин – К.: Наукова думка, 1990. – 168 с.
3. Іванців О.Є. До пошуків пасток метану у вугленосних відкладах вугільних басейнів України / О.Є. Іванців, М.Я. Решко, С.І. Бик, М.П. Гальміз // Геотехническая механика. – 2000. – Вып. 17. – С. 115–119.
4. СОУ 10.1.05411357.0047.2005. Скупчення вільного метану у не порушеному вуглепородному масиві. Методика прогнозу зон та визначення їх параметрів. Введ. 01.01.06. – К.: Мінвуглепром України. – 2005. – 12 с
5. Углепородный массив Донбасса как гетерогенная среда / А.Ф. Булат, Е.Л. Звягильский, В.В. Лукинов [и др.] – К.: Наукова думка, 2008. – 411 с.
- 6 Соколов В.А. Химический состав нефтей и природных газов в связи с их происхождением / В.А. Соколов, М.А. Бестужев, Т.В. Тихомолова/ - М.: Недра, 1972. – 276 с.
7. Сворень Й.М. Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм / Й.М. Сворень, І.М. Наушко // Доп. НАН України. – 2006.- № 2.- С. 111-116
8. Лепігов Г.Д.. Концентрація вуглеводнів в Донбасі в світлі абіогенної теорії їх генезису / Г.Д. Лепігов, С.І. Орлів, В.М. Гулій //Геолог України – Київ, 2008.- № 3 – С. 73-79.
9. Кульчицька Г.О. Газохроматографічний метод визначення хімічно зв'язаних метильних груп і капсульованого метану в гірських породах / Г.О. Кульчицька, Д.К. Возняк // Геотехническая механика: меж вед. сб. науч. трудов – 2002. – вып.32. – С.91-95
10. Радзівілл А.Я. До прогнозу зміни метаносності вугленосних відкладів Складчастого Донбасу з глибиною / А.Я. Радзівілл // Наукові праці інституту фундаментальних досліджень – Київ.: Знання України, 2000. – С. 105-110
11. Наушко І.М. Глибинні флюїди – вагомий чинник постседиментаційного мінералогенезу вуглепородних масивів Донецького та Львівсько-Волинського басейнів України (за матеріалами глибокого буріння) / І.М. Наушко, Й.М. Сворень, І.М. Зінчук [та ін.] // Доклади НАН України. – Київ, 2009. № 10 – С.132-137
12. Черский Н.В. Явление генерации углеводородов из предельно окисленных соединений углерода и воды / Н.В. Черский, В.П. Мельников, В.П. Царев // ДАН СССР 1986. Том 288, № 1. – С. 201-204.
13. Ермаков В.И. Образование углеводородных газов в угленосных и субугленосных формациях / В.И. Ермаков, В.А. Скоробогатов. - М.: Недра, 1984. – 205с
14. Жузе Т.П. Миграция углеводородов в осадочных породах / Т.П. Жузе – М.: Недра, 1986. – 188 с.
15. Тугаринов А.И. Общая геохимия: [учебное пособие для вузов] /А.И. Тугаринов – М.: Атомиздат, 1973. – 288 с.
16. Справочник по литологии / [под ред. Н.Б. Вассоевича, В.Л. Либровича, Н.В. Логвиненко, В.И. Марченко] – М.: Недра, 1983. – 509 с.
17. Страхов Н.М. Очерки геохимии верхнепалеозойских отложений гумидного типа / Н.М. Страхов, Э.С. Залманзон, М.А. Глаголева // Труды геол. ин-та АН СССР, вып. 23, 1959.
18. Баранов В.А. Микрорушенность кварца песчаников Донбасса в связи с их выбросоопасностью. Дисс. ... канд. геол. наук: 04.00.16 /ДГИ – Днепропетровск, 1989. – 180с.
19. Баранов В.А. Катагенез минералов цемента песчаников центральной и северо-восточной части Донбасса и связь этого процесса с коллекторскими свойствами / В.А. Баранов, Л.Ф. Маметова // Науковий вісник, 2006.- № 11. – С. 43-47
20. Войтов Г.И. Об изотопном составе углерода угля, углекислоты и метана в Донбассе / Г.И. Войтов // Геологический журнал – 1988. № 1 – С. 30-43.
21. Курило М.В. Некоторые результаты термобарогеохимического изучения аутигенных минералов из угленосных отложений Донбасса / М.В. Курило, Ю.А. Галабурда, Л.А. Добрянський // Литология и полезные ископаемые, 1986, № 2. – С. 68-74.
22. Галимов Э.М. Изменение щелочного состава углерода в процессе образования карбонатных конкреций /Э.М. Галимов, Ю.П. Гирич // Геохимия. – 1968. – № 2. – С. 26-31
23. Таранік О.О. Генезис вугільних газів з відкладів карбону території шахти імені О.Ф. Засядька (Донбас) / О.В. Ємець, І.П. Лугова, В.О. Канін [и др.] // Доповіді НАН України – 2008.- № 4. – С. 120-124.
24. Булат А.Ф. Склад летких компонентів флюїдних включень і закритих пор у породах дільниць впрова-

дження технології „Газового горизонту” вугільних шахт Донбасу / А.Ф. Булат, І.М. Наумко, І.М. Зінчук [та ін.] // Геологія і геохімія горючих копалин. – Львів, 2005. № 2, – С.93-103.

25. Газогенерационные свойства углевмещающих пород Донбасса: результаты экспериментальных исследований / В.А. Привалов, В.А. Анциферов, Р.Ф. Саксенхофер, А. Изар // Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. трудов – 2008. № 80. – С. 270-284.

26. Маметова Л.Ф. Катагенез газоносных песчаников Алмазно-Мар’ївського району Донбасу / Л.Ф. Маметова // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. Трудов - 2012.- № 102.- С. 183-189.

УДК 622.831:537.86

Д-р. техн. наук Г.П. Стариков,
канд. техн. наук В.В. Завражин,
инженеры Я.В. Шажко, С.Е. Дегтярь
(ИФГП НАН Украины)
инж. Ш.В. Мамлеев
(ОП «Шахтерская-Глубокая»
ГП «Шахтерскантрацит»)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОВЫБРОСНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ВСКРЫТИИ КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

У статті описаний спосіб оцінки ефективності противикидних заходів заснований на вимірювання тиску метану та параметрів масопереносу у вугільних пластах при розкритті їх квершлагами.

EVALUATION THE EFFECTIVENESS MEASURES AGAINST OUTBURST BY OPENING STEEPLY INCLINED COAL SEAM

The paper describes a method for evaluating the effectiveness of measures against outburst based on measuring the methane pressure and mass transfer parameters in the opening coal seams of crosscut.

Предварительная оценка выбросоопасности и прогноз внезапных выбросов важны для своевременного принятия соответствующих решений и установления необходимых методов ведения горных работ на выбросоопасных пластах. Оценка выбросоопасности основывается на данных о свойствах горных пород, их напряженном состоянии, изменении свойств и газонасыщенности в процессе разработки.

Для предотвращения ГДЯ при вскрытии пластов стволами применяют бурение дренажных скважин, возведение каркасной крепи, гидрорыхление угольного пласта, а при вскрытии квершлагами и другими выработками кроме этих способов еще и гидровывывание угольного пласта, образование разгрузочных полостей (щелей) во вмещающих породах [1, 2]. Критерии оценки эффективности вышеперечисленных способов приведены в таблице 1.

Анализ представленных параметров свидетельствует, что вне зависимости от способов предотвращения ГДЯ при вскрытии угольных пластов контроль эффективности мероприятий осуществляется по уровню давления метана в угле. Естественно этот параметр при прочих равных условиях, является ключевым как при прогнозе, так и при оценке эффективности мероприятий.