

**ФИЛЬТРАЦИЯ МЕТАНА ВОКРУГ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ,
ЗАКРЕПЛЕННОЙ АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ**

З урахуванням впливу виду напруженого стану на коефіцієнт проникності за допомогою методу скінчених елементів розв'язана задача фільтрації метану навколо гірничої виробки, що закріплена анкерним кріпленням. Наведені розподіли коефіцієнтів проникності, тиску, поля швидкостей руху метану.

**METHANE FILTRATION AROUND OF THE COALMINE ROADWAY
SUPPORTED BY ROOFBOLTS**

Application of a method of final elements for the investigation of methane filtration task in coal-rock massif around of the coalmine roadway supported by roofbolts. Effect of stress aspect on a coefficient of transparency is taken into account. Distributions of coefficient of transparency, pressure and field of methane driving speeds are resulted.

С увеличением глубины разработки угольных месторождений Донбасса возросла интенсивность проявлений газодинамических явлений, которая накладывает существенные ограничения на темпы проведения подготовительных выработок. Выделение метана, выбросы угля и газа в горные выработки, особенно тупиковые, нарушает безопасность ведения горных работ.

Для улучшения газовой ситуации и снижения проявлений газодинамических явлений на практике применяются различные методы воздействия на угольный пласт и газоносные породы. В их числе – предварительная дегазация угольных пластов, поверхностная дегазация, дегазация с применением гидроразрыва и другие [1-3]. Но все они требуют значительных дополнительных затрат и не всегда достаточно эффективны.

В последние годы на шахтах Украины началось применение анкерной крепи высокой несущей способности. Она обеспечивает сохранение приконтурного массива горной выработки в ненарушенном состоянии за счет образования в кровле породного перекрытия. Таким образом повышается устойчивость выработки и сохраняется ее работоспособное состояние в течение всего срока эксплуатации.

Рассмотрим анкерную крепь в нетрадиционной для нее роли – как средство улучшения газовой ситуации в подготовительных выработках.

Напряженное состояние элемента горной породы характеризуется величинами главных нормальных напряжений, причем их значения находятся в следующем соотношении:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \quad (1)$$

Для прогноза и оценки режима разрушения горных пород вблизи выработки, оценки ее устойчивости и определения коэффициентов их проницаемости при решении задачи о фильтрации газа информативными показателями являются:

- отношение разности наибольших (σ_1) и наименьших (σ_3) главных напряжений к напряжениям от веса вышележащей толщи горных пород, характеризующее возможность возникновения разрушения

$$Q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\gamma H}, \quad (2)$$

где γ – плотность вышележащих слоев пород, H – глубина расположения выработки;

- отношение наименьших (σ_3) главных напряжений к напряжениям от веса вышележащей толщи горных пород, характеризующее возможный режим разрушения:

$$P = \frac{\sigma_3}{\gamma H}. \quad (3)$$

Для оценки состояния, в котором находятся горные породы, в механике горных пород применяется также параметр Лоде-Надаи, вычисляемый по формуле:

$$\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}. \quad (4)$$

Для напряженного состояния (1) значение его меняется в следующих пределах:

$$-1 \leq \mu_\sigma \leq 1 \quad (5)$$

и он характеризует вид напряженного состояния. Изменяясь в таком диапазоне, он охватывает все виды напряженного состояния. Так, при $\mu_\sigma = -1$ реализуется обобщенное растяжение, при $\mu_\sigma = 0$ – обобщенный сдвиг, а при $\mu_\sigma = 1$ – обобщенное сжатие.

Метан в горные выработки может выделяться из угольных пластов и газоносных песчаников. Рассмотрим случай, когда в кровле выработки, закрепленной анкерной крепью, расположен газоносный песчаник. Глубина разработки – 1200 м.

После проведения расчетов, выполненных методом конечных элементов, получим следующее распределение параметров Q , P и μ_σ (рис. 1) для случаев, когда выработка не закреплена; в кровле выработки – 1 анкер; 3 анкера; 5 анкеров.

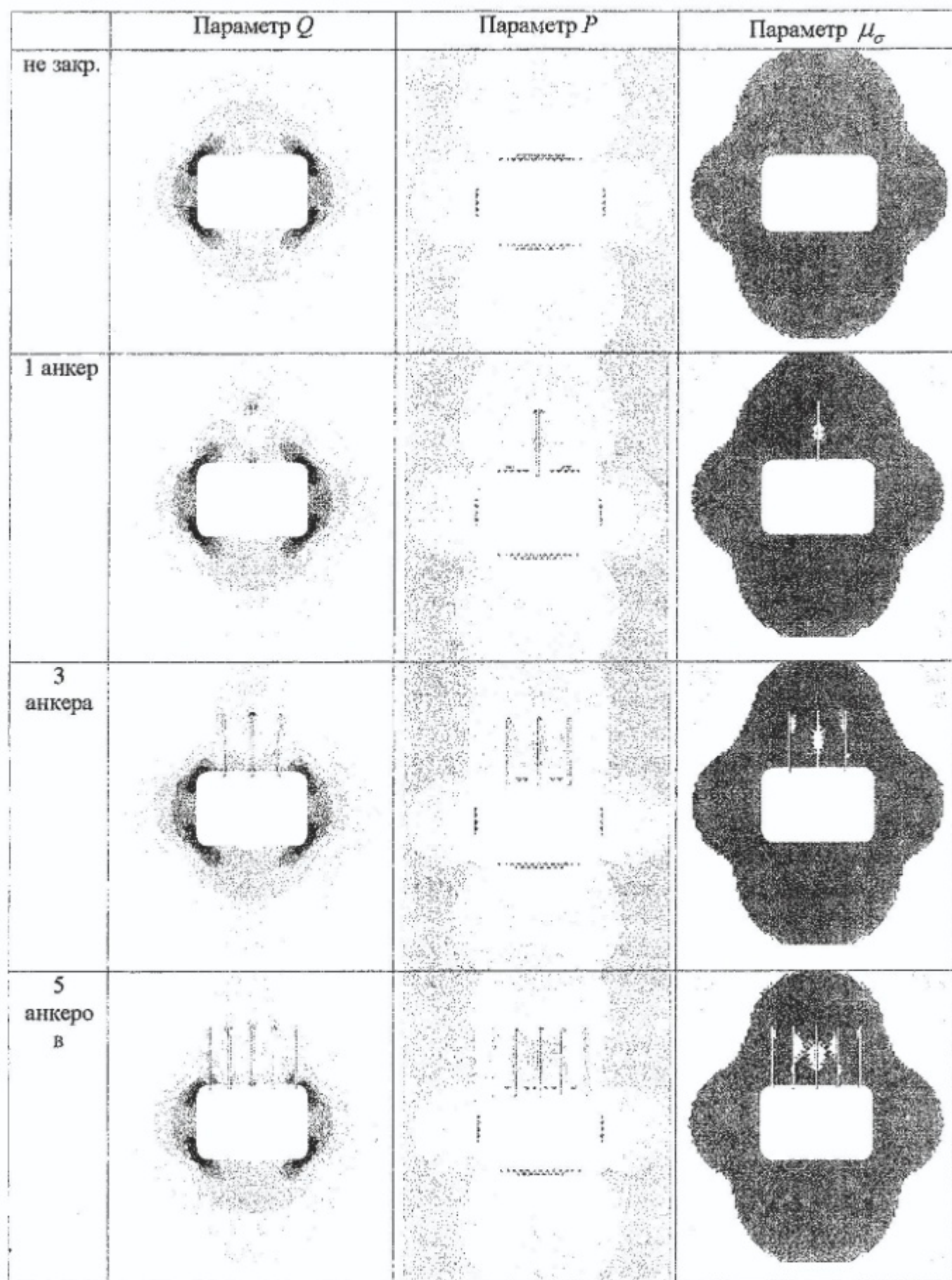


Рис. 1 – Распределение параметров Q , P и μ_σ

В газоносных слоях угленосного массива, не нарушенного проведением горных выработок, параметр $0 < Q < 0,4$, а параметр μ_σ близок к единице (рис. 1, 3). Газ здесь содержится в изолированных порах [4-6], фильтрационная способность отсутствует, коэффициент проницаемости практически равен нулю (может доходить до $k_n = (0,45 - 16) \cdot 10^{-6}$ мДа [7]), а давление свободного газа, содержащегося в изолированных порах, близко к местному горному давлению [5, 6].

В области упругих деформаций ($0,4 < Q < 0,5$; $-0,5 < \mu_\sigma < 0,5$) происходит закрытие микротрещин и пор [8], и фильтрационные свойства среды мало изменяются. Можно считать, что эта зона также не принадлежит области фильтрации.

Уплотнение породы и перекрытие трещинно-поровых каналов происходит и в области гидростатического сжатия, где $\mu_\sigma \approx 1$ и $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$. Как показано в работах [7, 9], при изменении нагрузки от 0 до 60 МПа, коэффициент проницаемости исследуемых образцов снижался по экспоненциальной зависимости от 0,14-0,25 мДа до 0-0,01 мДа.

За пределами упругости и до предела прочности, при разнокомпонентном нагружении, что соответствует областям начала трещинообразования ($0,5 < Q < 0,8$) и интенсивного трещинообразования ($0,8 < Q < 1$, рис. 2), происходит рост коэффициента проницаемости на 2-3 порядка в различных горных породах, который достигает значений $(0,4 - 2) \cdot 10^{-2}$ мДа. Пропускная способность существующих и вновь образованных фильтрационных каналов в этой зоне возрастает с увеличением разнокомпонентности нагрузки [7-9]. На рис. 5 приводится зависимость коэффициента проницаемости от разности максимальной и минимальной компонент тензора напряжения.

Дальнейший рост коэффициента проницаемости за пределом прочности происходит только за счет расширения существующих трещин. В области обрушения, которая характеризуется параметром $P \approx 0$, коэффициент проницаемости достигает максимальных значений.

Решим задачу о фильтрации метана в окрестности выработки, проложенной по газоносному песчанику, методом конечных элементов [10]. Все вышеизложенные положения были учтены при расчетах области фильтрации и коэффициентов проницаемости. В результате были получены поля коэффициентов проницаемости, распределения давления газа и скоростей его движения (рис. 2).

Как видно из рис. 2, поле коэффициентов проницаемости массива полностью определяется геомеханическими зонами, которые характеризуются параметрами Q , P и μ_σ .

Также видно, что газовая ситуация в выработке заметно улучшается с применением анкерного крепления. Во-первых проницаемость пород кровли уменьшается – область ненарушенных пород подходит вплотную к контуру кровли выработки. Тем самым уменьшается область газоносного песчаника, из

которой выделяется метан. Во-вторых, скорость фильтрации в кровле значительно понижается.

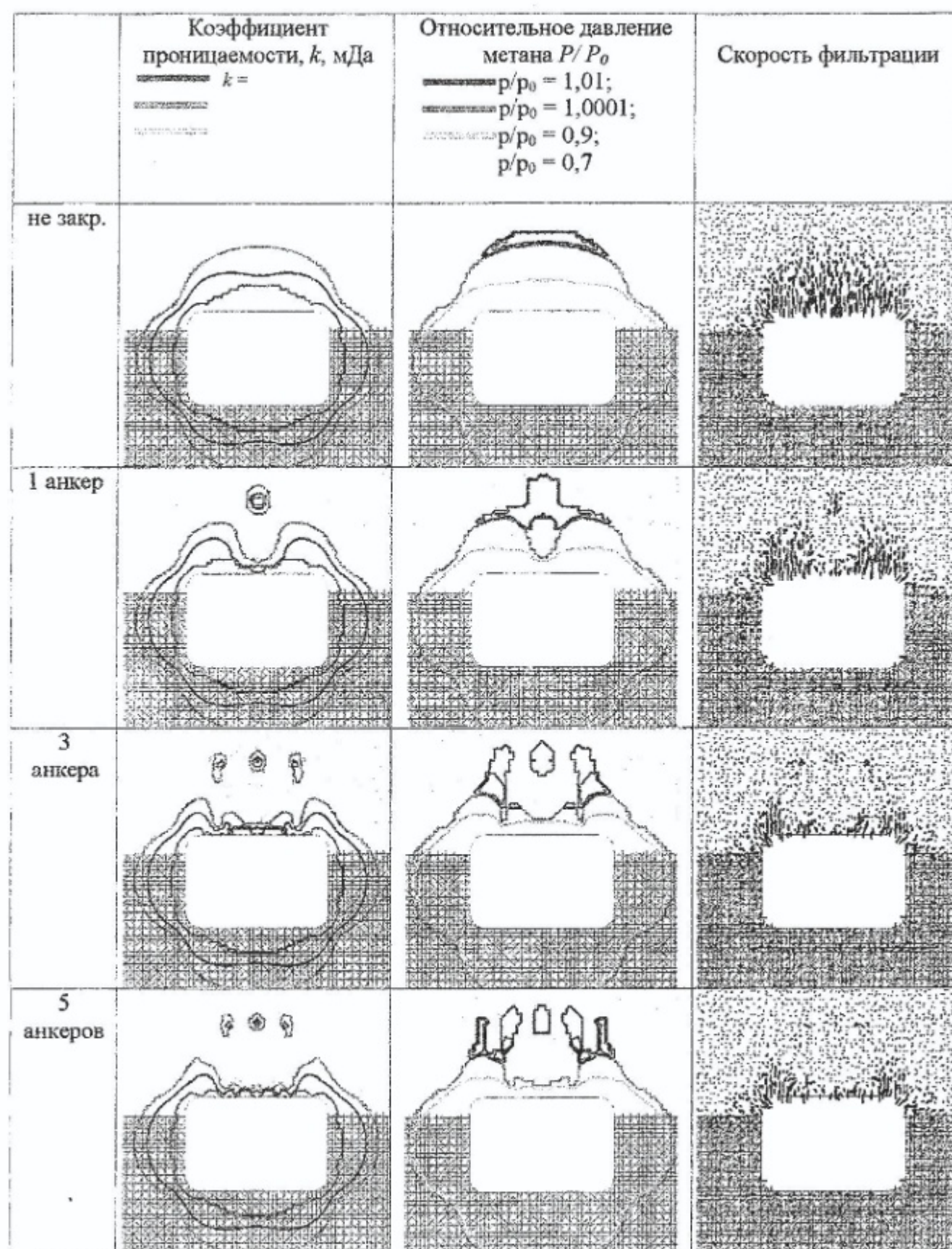


Рис. 2 – Поля коэффициентов проницаемости, давления и скоростей фильтрации метана

Все это происходит в результате образования в кровле выработки опорно-анкерного перекрытия, напряженное состояние которого близко к нетронутому массиву [11].

Проанализируем изменение таких показателей газовой ситуации в выработке как средняя скорость фильтрации и расход метана с единицы длины выработки в зависимости от количества установленных анкеров (рис. 3).

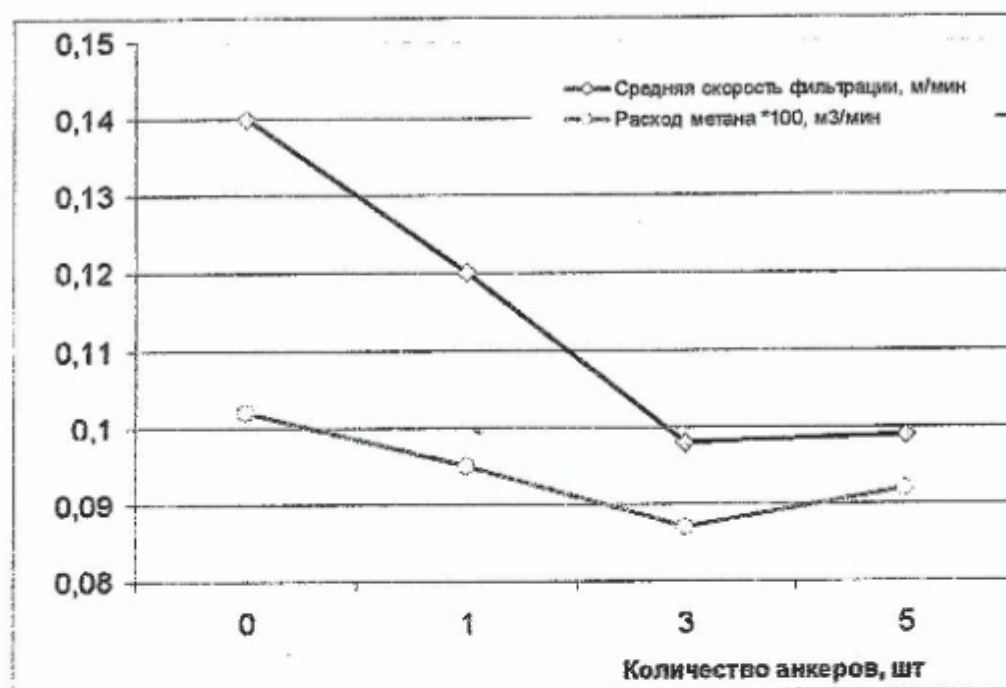


Рис. 3 - Изменение средней скорости фильтрации и расхода метана с единицы длины выработки в зависимости от количества установленных анкеров

Из графика, приведенного на рис. 3, видно, что по всем рассчитанным показателям газовая ситуация в выработке улучшается, но дальнейшее увеличение количества анкеров не приводит к сколько-нибудь значительному ее изменению.

Таким образом применение анкеров высокой несущей способности повышает устойчивость горных выработок и одновременно, без дополнительных затрат, сдерживает метановыделение в газоносных породах приконтурного массива, уменьшая приток метана в атмосферу выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Звягильский Е.Л. Научно-методические основы и реализация технологии дегазации угленосного массива — «газового горизонта». // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. — Днепропетровск. — 2005. — № 53. — С. 3-8.
2. Булат А.Ф., Софийский К.К., Силин Д.П. и др. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты. — Днепропетровск, 2003. — 220 с.
3. Павлыш В.Н. Развитие теории и совершенствование технологии процессов воздействия на угольные пласты. — Донецк: РВА ДонНТУ, 2005. — 347 с.
4. Кузнецов С.В., Трофимов В.А. Основная задача теории фильтрации газа в угольных пластах. — ФТПРПИ, 1999, № 5. — С. 13-18.
5. Христианович С.А., Коваленко Ю.Ф. Об измерении давления газа в угольных пластах. — ФТПРПИ, 1988, № 3. — С. 3-23.

6. Карсеев В.И., Коваленко Ю.Ф. Теоретическая модель фильтрации газа в газосодержащих угольных пластах. – ФТПРПИ, 1988, №6. – С. 47-55.
7. Кулинич В.С., Кулинич С.В. Влияние напряженно-деформированного состояния на газоотдачу метаноносных горных пород. – В сб.: Геотехническая механика, №17. – Киев-Днепропетровск, 2000. – С. 152-156.
8. Ставрогин А.Н., Протосея А.Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. – М. Недра, 1985. – 272 с.
9. Кулинич В.С., Перепелица В.Г., Курносоев С.А., Иванчишин С.Я и др. Газовая проницаемость горных пород в разнокомпонентном поле сжимающих напряжений. – В сб.: Геотехническая механика, № 42. – Днепропетровск, 2003. – С. 18-24.
10. Круковский А.П., Круковская В.В. Фильтрация газа в зоне влияния очистной выработки с учетом напряженно-деформированного состояния угленосного массива. – В сб.: Геотехническая механика, № 49. – Днепропетровск, 2004. – С. 23-29.
11. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск, 2002. – 372 с.

УДК 622.1 : 528.94

Провід. геолог О.І. Спіріна

(ТЦ "ГеолГІС-технологія" ДРГП "Донецькгеологія")

ПРО НЕОБХІДНІСТЬ НОВИХ СТАНДАРТІВ ПРИ СТВОРЕННІ ОБМІННИХ ПЛАНІВ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Стандарты обменных планов горных работ не менялись уже более 50-ти лет. Внедрение компьютерных технологий в картографическое производство, достижения геологов в подготовке угольных месторождений к освоению и необходимость непрерывного анализа достоверности геологических построений делает необходимым и возможным пересмотр стандартов создания обменных планов горных работ угледобывающих предприятий.

THE CHANGED MINING PLANS NEEDS CHANGES

The standards of the mining plans was not changed about 50 years. The implements of the computer technology in the map construction, the coal geologists achievements to prepare coal deposits for exploitation and the monitoring for the geological forecast goes to creation new type of the mining plans.

Відомо, що для того, щоб відкрити та підготувати нове родовище до експлуатації необхідно затратити час терміном до 25 років, невеликої кількості (порядка перших сотень) персоналу, зате вкласти чимало коштів (порядка кількох мільярдів, переважно на буріння свердловин та закладку нової сучасної шахти). Перелік етапів геологорозвідувальних робіт нещодавно включав до восьми (зараз їх менше):

1. Пошукові роботи (загальні, оціночні-пошукові та детально пошукові)
2. Розвідувальні (попередня розвідка та детальна розвідка, дорозвідка)
3. Експлуатаційна розвідка
4. Переоцінювальні роботи

Поскілки Донецький басейн відноситься до категорії добре вивчених і найбільш освоєних регіонів, то, як правило, планам пошукових робіт в регіоні передували періодично виконувани на геологічних підприємствах роботи по складанню зведених геологічних та спеціалізованих порайонних (м-бу 1: