

2. Поиск электромагнитных предвестников землетрясений / Под ред. М.Б. Гохберга. - М.: ИФЗ АН СССР, ^988.
3. Гор А.Ю. Концентрационный порог разрушения и прогноз горных ударов/ А.Ю.Гор., В.С. Куксенко, Н.Г. Томилин // ФТПРПИ. - 1989: - № 3. - С. 54-60.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, изд. Третье. - 1964. -576 с.
5. Янко Я. Математико-статистические таблицы. - М.: Госстандартиздат, 1961.-243 с.

□ Авторы статьи:

Егоров Петр Васильевич - доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой РМПИ	Филиппов Петр Алексеевич - технический директор Шерегешского рудника.	Громова Ирина Леонидовна - начальник участка прогноза горных ударов на шахте Шерегешской
---	---	--

**УДК 622.142**

**Е.Н. Козырева, В.А. Рудаков**

### **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА УГЛЕМЕТАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ**

Для предварительной оценки эмиссионных ресурсов метана при ведении открытых горных работ на данном этапе достаточно ограничиться самыми общими представлениями картины изменения газокинетических характеристик газоносных угольных пластов в зоне влияния надработки, не привлекая пока весьма глубоких и широко апробированных методов расчета, принятых при разработке угольных месторождений открытым способом.

Как показывает практика, основной особенностью открытых горных работ является интенсивная разгрузка массива и возникновение мощных потоков метана к поверхности. По наблюдениям инженерно-технических работников разреза "Бачатский" (Кузбасс) первые случаи воспламенения метана при взрывных работах отмечены на глубине ведения горных работ 80-100 м от поверхности, т.е. практически вблизи границы метановой зоны, соответствующей газоносности пластов в 5 м<sup>3</sup>/т. На глубинах 150-200 м газовые потоки стали представлять технологическую опасность.

Высота пламени горящего метана после проведения взрывных работ достигала 50-80 м, а его последующее горение в

зоне разрушенного угля провоцировало его возгорание в уступах и требовало мер по интенсивному тушению. Предотвращение воспламенений потребовало перехода на предохранительные взрывчатые вещества.

Отмеченные факты реакции

газового потенциала на снятие напряжений в пласте указывают, что процессы спада углеметанового вещества едины как для подземных, так и для открытых горных работ и формируют достаточно сопоставимые технологические следствия.



*Рис.1. Графики изменения газоносности  $\chi$  с глубиной в метановой зоне на горном отводе разреза "Бачатский" (Кузбасс)*

Единство причинно-следственных связей позволяет проводить исследования свойств и состояний газоносных геоматериалов путем объединения результатов наблюдений и извест-

угольных пластов с глубиной их залегания [1].

По данным геологической организации (ОАО "Бачатский разрез"), проводившей доразведку горного отвода ОАО "Бачатский разрез", вывод о связи газоносности и глубины залегания пласта [1] подтверждается (рис.1). Столь существенное влияние разгрузки заставляет оценить эмиссионные ресурсы массива горных пород и для этой технологии. И тем более становится недопустимым пренебрежение газовым потенциалом при открытом способе разработки месторождения.

Для расчетов в каче-

стве исходной принята информация, полученная из рис.1. Выделены две группы скважин. Одна - с пластопересечениями в зоне влияния разрывных нарушений и в призамковых частях синклиналей (рис.1, графики I, II). Вторая - с пластопересечениями в зоне влияния горных работ (рис.1, график III). Для этих групп скважин получены аппроксимирующие функции (рис.2).

Разброс данных и разные углы наклона линий тренда для групп скважин на рис.2 могут объясняться погрешностями при определении газоносности углей, или с рядом других причин, выявление и изучение которых требует более представительного количества данных. Пока же возможен лишь этап сопоставления.

Используя аппроксимирующие функции, получены следующие величины глубин:  $H_c$  - для группы скважин в зонах влияния геологических нарушений и в призамковых частях синклиналей,  $H_p$  - для группы скважин в зоне влияния горных работ (рис.2).

Принимая величину снятия

напряжений в пласте, соответствующей глубине горных работ, нетрудно видеть, что в процесс газового дренирования вовлекаются огромные массы газоносного угля. Эти изменения с учетом угленосности месторождения формируют газовые потоки к поверхности, интенсивность и продолжительность существования которых зависит от объемов метана, отторгаемого средой. Интегральной характеристикой следствий этих процессов является потенциально возможный объем эмиссии метана, рассчитываемый как разность величин газоносностей до и после разгрузки. Наиболее сильно эти процессы должны иметь место при разработке месторождений открытым способом.

В тоже время, при решении данной задачи нельзя воспользоваться опытом подземных горных работ в части определения глубины и зоны разгрузки надрабатываемого массива, т.к. в этих технологиях принимается, что влияние надработки всегда ограничено зоной в 35 м и даже последние уточнения этого влияния носят слишком приближенный характер. В технической литературе имеются разноречивые сведения о границах зоны надработки сближенных угольных пластов [2].

Одни авторы [3-6] на основании исследований, проведенных в шахтных условиях и на моделях из эквивалентных материалов, делают вывод, что границы зоны разгрузки при надработке пластов распространяются в глубь толщи по нормальной к напластованию плоскости или близкой к ней. Глубина разгружающего влияния, согласно этим исследованиям, составляет около 80-100 м.

Другие авторы [7, 8], основываясь, главным образом, на результатах, полученных при проведении экспериментов на моделях из эквивалентных материалов, считают, что зона надработки оконтуривается параболической поверхностью,

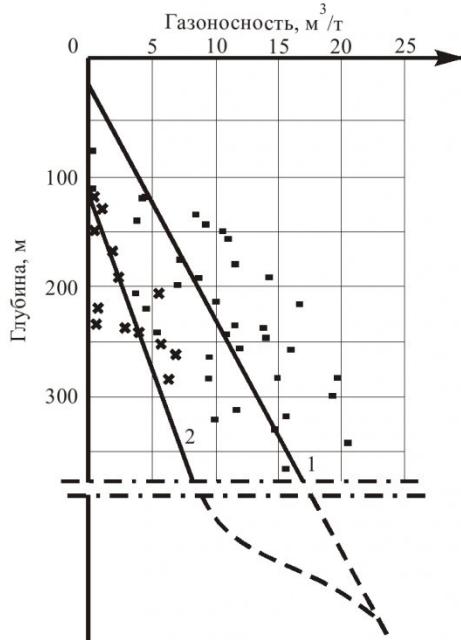


Рис.2. Графики изменений газоносности с глубиной на горном отводе разреза "Бачатский": 1 - в призабойных частях синклиналей и в зонах влияния разрывных нарушений ( $H_c$ ); 2 - в условиях влияния горных работ ( $H_p$ )

ных закономерностей при двух способах разработки, что представляет не только научный интерес, но и практическую значимость.

С позиций геомеханики общим признаком для открытого и подземного способов угледобычи является интенсивная разгрузка от горного давления надрабатываемого массива. А отличительными признаками - частичное восстановление напряжений в нем в результате формирования отвалов (открытый способ) или просадки подрабатываемых очистным забоем пород (подземный способ) и временем существования пониженных напряжений.

Интенсификация потоков метана к поверхности при ведении открытых горных работ однозначно проявляется себя в установленных закономерностях изменения газоносности

Таблица 1  
Определение максимальной глубины зоны разгрузки надрабатываемого массива

$l, \text{м}$	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
$a$	0,062	0,047	0,037	0,031	0,027	0,023	0,021	0,019	0,017	0,016	0,014	0,013	0,012
$H_{max}$	56	75	93	112	131	149	168	187	205	334	242	261	280

ось которой проходит по вертикали к горизонтальной плоскости через середину выработанного пространства. Глубину распределения разгружающейся зоны они предлагают определять из выражения

$$H = (1.5-2.0) \cdot a \cdot \cos(\alpha),$$

где  $H$  - глубина зоны надработки, м;  $a$  - ширина выработанного пространства, м;  $\alpha$  - угол падения пласти, град.

Из анализа этого выражения следует, что в свите крутопадающих пластов при расстоянии между пластами более 40 м зона надработки не должна охватывать нижележащие пласти в границах разрабатываемого этажа.

По результатам, полученным из рис.1 и 2 возможно рассчитать эмиссию метана, зная глубину ведения горных работ и геометрические размеры дна разреза. Для этого уточним максимальную глубину зоны разгрузки массива  $H_{max}$  и площадь его поперечного сечения при работе карьера с шириной дна  $l$ , и углами разгрузки  $\varphi$ . Схематично зоны разгрузки массива можно представить следующим образом (рис.3).

Т.к. дно разреза в пространстве располагается горизонтально, углы разгрузки принимаются такими же, как для пологого залегания пласта ( $\varphi=75^\circ$ ). При этом форму зоны разгрузки можно представить в виде параболы, описываемой уравнением  $H_{max} = ax^2 - b$ , где  $a, b$  - коэффициенты уравнения;  $x=l/2$ . На схеме область,

закрашенная серым цветом, – это площадь поперечного сечения зоны разгрузки. Определив  $a$  и  $b$ , получим значения  $H_{max}$  при разной значением природной газоносности  $\chi_p$  и остаточной после ведения горных работ  $\chi_0$  на глубинах ведения горных работ  $H_p$  и зоны разгрузки  $H_{max}$ ,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $S$  - площадь поперечного сечения зоны разгрузки при глубине  $H_{max}$ ,  $\text{м}^2$ ;  $L$  - длина дна разреза, м;  $\rho$  - плотность угля,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $k$  - коэффициент угленосности массива, доли ед..

Принимаем  $L = 1000$  м;  $\rho = 1,3 \text{ т}/\text{м}^3$ ;  $k = 0,15$ . Для определения значения  $\chi_e$  выполним следующие расчеты, используя предложенную схему на рис.3.

Глубина ведения горных работ от поверхности  $H_p = 200$  м. На этой глубине верхнее значение природной газоносности  $\chi_{p,1} = 8,5 \text{ м}^3/\text{т}$ . На глубине разгрузки  $H_p + H_{max} = 200+280 = 480$  м нижнее значение при-

родной газоносности  $\chi_{p,2} = 21 \text{ м}^3/\text{т}$ .

Средняя природная газоносность

$$\overline{\chi_p} = \left( \frac{\chi_{p,1} + \chi_{p,2}}{2} \right) = 14,75 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Верхнее значение остаточной газоносности  $\chi_{0,1} = 1,64 \text{ м}^3/\text{т}$  на глубине 200 м. Для нахождения ее нижнего значения перемещаем линию  $H_p$  по вертикали параллельно вниз до пересечения с осью глубин до отметки 200 м. При этом на глубине  $H_p + H_{max} = 200 + 280 = 480$  м газоносность имеет значение  $\chi_{0,2} = 9 \text{ м}^3/\text{т}$ .

Средняя остаточная газоносность ( $\text{м}^3/\text{т}$ ).

$$\overline{\chi_0} = \left( \frac{\chi_{0,1} + \chi_{0,2}}{2} \right) = \frac{1,64 + 9}{2} = 5,32$$

Тогда  $\overline{\chi_e} = 14,75 - 5,32 = 9,43 \text{ м}^3/\text{т}$ .

По выражению (2)  $E = 9,34 \cdot 57000 \cdot 1000 \cdot 1,3 \cdot 0,15 = 104,8 \text{ млн.м}^3$ .

Таблица 2

Метанообильность разреза:	
относительная .....	8-25 $\text{м}^3/\text{т}$
абсолютная .....	90-120 $\text{м}^3/\text{мин}$
эмиссия .....	60 млн. $\text{м}^3/\text{год}$
Объем добычи метана первой очереди строительства .....	5-15 млн. $\text{м}^3/\text{год}$
Себестоимость добычи метана .. .	0 (в связи с технологической необходимостью) до 100 %
Доля внутрипроизводственного потребления каптируемого метана ..	электроснабжение, теплоснабжение, освещение
Вид энергопотребления .. .	

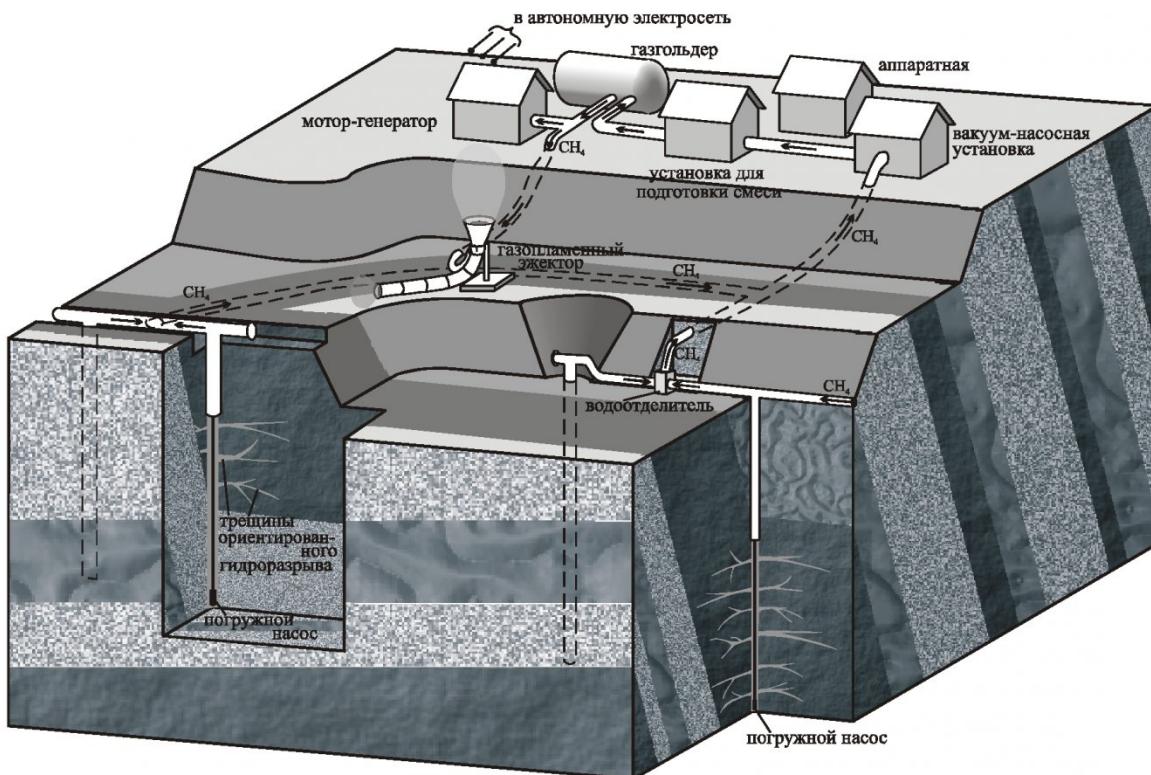


Рис.3. Схема метанодобывающего участка на разрезе "Бачатский"

Таким образом, за время отработки до глубины 200 м эмиссионные ресурсы метана составили 104,8 млн.м<sup>3</sup>.

При разработке технического предложения для ОАО "Бачатский разрез" получены следующие предварительные технические показатели (табл.2).

.В свете полученных результатов, количественные значения можно оценивать с большей точностью. Однако это направление имеет в настоящее время меньшую актуальность и пока может быть ограничено схематическим рассмотрением возможного технического ре-

шения. На рис.4. представлена традиционная схема бурения дегазационных скважин с поверхности, в том числе скважин с гидроразрывом. В верхней части рисунка показана система утилизации метана. Приведенная схема ориентирована на возможности отечественной буровой техники, но она приобретает большую эффективность в случае применения выпускаемых за рубежом станков направленного бурения скважин

Таким образом, обобщая вышесказанное, можно заключить, что разгрузка углеметанового пласта от литологического

давления в процессе вскрышных работ на угольных разрезах инициирует переход среды в другое состояние, близкое к ранее существовавшему на соответствующей глубине разработки. Потенциал эмиссии метана при этом оценивается по разности этих состояний. При этом, использование попутного метана может облегчить решение ряда технических задач, способствовать технологической и экологической безопасности горных работ с возможным экономическим эффектом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудаков В.А, Козырева Е.Н. Возможный подход к совершенствованию методов оценки газодинамического состояния призабойной части пласта // Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию: Труды международной научн.-практич. конф., Кемерово: Кузбассиздат, 1999. Т. 2. С. 196-200.
2. Айруни А.Т., Светлаков Ю.В., Сирош М.К., Домбровский В.И. Исследование области разгрузки надрабатываемых пластов по газовыделению из дегазационных скважин // В сб.: Вопросы безопасности в угольных шахтах. – Кемерово: Труды ВостНИИ, 1972. С. 27-33.
3. Дорохов Д.В. Условия эффективного влияния надработки и подработки крутых пластов / Д.В. Дорохов // В сб.: Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах. – М: Госгортехиздат, 1962.
4. Матвеев Б.В., Давыдович И.Л., Шайтанов С.М. Проявление опорного давления в массиве при разработке пластов с внезапными выбросами // Уголь, 1954, № 12, С.3-5.

5. Некрасовский Я.Э. Эффективная разработка весьма тонких пластов в целях их использования в качестве защитных // В сб.: Научные исследования о области борьбы с внезапными выбросами угля и газа. –Углехиздат, 1958.
6. Раппопорт М.Я. Исследования в области газового дренажа угольных пластов // В сб.: Проблемы рудничной аэробиологии. – М: Госгортехиздат, 1959.
7. Барановский В.И. Некоторые меры повышения безопасности разработки пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа // В сб.: Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах. – М: Госгортехиздат, 1962.
8. Поморцев В.А. Определение зон повышенной газоотдачи пластов при их надработке // Безопасность труда, 1966, №7.
9. Табаков А.Г. Результаты работ по дегазации угольных пластов на шахтах Кузбасса // Дегазация угольных пластов. – М.: Госгортехиздат, 1961. С.74-116.

□ Авторы статьи:

Козырева  
Елена Николаевна  
– канд. техн. наук, старший научный  
сотрудник лаборатории газодинамики  
угольных месторождений ИУУ  
СО РАН

Рудаков  
Владимир Александрович  
– канд. техн. наук, зам. заведующего  
лабораторией борьбы с внезапными  
выбросами и газодинамическими  
проявлениями НЦ ВостНИИ.

УДК 533.6:622.26

**В.В.Егошин, Д.Н. Макшанкин, А.В. Ремезов**

## АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ЗАКРЕПЛЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ АРКАМИ ИЗ СПЕЦИАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Эффективность вентиляции горных выработок во многом зависит от правильной оценки величины аэродинамического сопротивления вентиляционной сети в целом и отдельных ее элементов, которая позволит уменьшить общешахтную депрессию и расходы электроэнергии на проветривание.

Расчет рудничной вентиляции сводится к определению количества воздуха, необходимого и достаточного для того, чтобы заданное количество воздуха могло двигаться по горным выработкам. Подсчет депрессии  $h$  обычно производится по формуле [ 1 ]:

$$h = RQ^2 = \alpha \frac{PL}{S^3} Q^2 \quad (1)$$

где  $R$  - аэродинамическое сопротивление,  $\text{kgs} \cdot \text{c}^2/\text{m}^8$ ;

$Q$ - расход воздуха,  $\text{m}^3/\text{с}$ ;

$\alpha$  - коэффициент аэродинамического сопротивления,  $\text{kgs} \cdot \text{c}^2/\text{m}^4$ ;

$S$  - площадь поперечного сечения выработки,  $\text{m}^2$ ;

$P$  - периметр выработки, м;

$L$  - длина выработки, м.

Из формулы (1) видно, что депрессия прямо пропорциональна коэффициенту  $\alpha$  и является величиной, требующей специального исследования. Изучением его длительное время занимались отечественные и зарубежные учёные. Исследованиями установлено, что величина коэффициента аэро-

динамического сопротивления  $a$  в основном зависит от следующих параметров [2]:

- степени и характера шероховатости поверхности выработки, принимая во внимание высоту сечения элементов крепи;

- величины площади поперечного сечения выработки;

- формы элементов крепи;

- продольного калибра крепи, определяемого по формуле  $\Delta = l/h_0$ , где  $l$  - расстояние между осями соседних элементов крепи (рис. 1), а  $h_0$  - высота элемента крепи (рис. 2);

Зависимость коэффициента  $\alpha$  от ряда факторов кратко можно характеризовать следующим образом:

- при увеличении выступа шероховатости ( $h_0$ ) для одной и той же формы элементов крепи  $a$  воз-

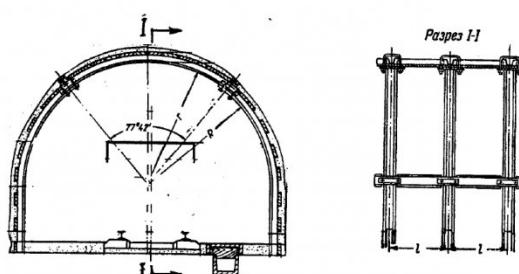


Рис.1. Схема сечения горной выработки, закрепленной арочной крепыш из специального шахтного профиля