

УДК 622.416.3

**ВНЕЗАПНЫЕ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД ПОЧВЫ С
ПРОРЫВАМИ МЕТАНА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК**

Киселев Н. Н.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Ашихмин В. Д., Радченко А. Г., Чеперина Т. А.

(МакНИИ, г. Макеевка, Украина)

Розроблено параметри буріння дегазаційних свердловин на підроблювані вугільні породи і пласти. Дано рекомендації зі складання прогнозу раптових руйнувань порід підосви з прорывами метану за заданих гірничо-геологічних умов.

Parameters for drilling methane drainage boreholes in rocks and coal beds being undermined are designed. Appropriate recommendations for making a forecast of sudden bedrock failure with methane outbursts at the specified mining-geological conditions are made.

Одним из наиболее важных факторов, определяющих условия и безопасность труда в угольных шахтах, является наличие метана в проводимых выработках, так как практически все технологические и производственные процессы в шахтах связаны с выделением его в атмосферу горных выработок.

Ведение горных работ в угольных шахтах на современных глубинах разработки в значительной степени осложняется ростом газообильности, наличием газодинамических явлений, одним из которых являются внезапные разрушения пород почвы выработок с прорывом метана из надрабатываемого горного массива – (ВРПП).

Анализ известных случаев внезапных разрушений пород почвы [2, 6] показал, что данный вид динамических явлений происходит тогда, когда один или несколько слоев прочных пород, находящихся в подошве выработки, лежат на более податливых породах. Кроме этого, в подавляющем большинстве случаев отношение толщины разрушаемого слоя к характерному размеру выработки не превышает величины 0,5. Упругие слои пород, примыкающие к подошве выработки, деформируются как пластина (плита), изгибаемая под действием нагрузки, нормальной к ее поверхности. Следовательно, если рассматривать упругий слой пород как плиту, защемленную по всему периметру, то напряжения достигают максимальных значений в местах заделки и в ее середине. Таким образом, и разрушения почвы должны происходить либо у границ выработки, либо в ее центральной части, что и подтверждается рядом сведений о расследовании случаев внезапных разрушений пород почвы [2, 3, 6]. Обильное метановыделение во многом предопределяется наличием в почве выработки близлежащих (до 25 м) газоносных угольных пластов или пропластков. Однако согласно [8, 9] потенциальным источником метановыделения могут быть и песчаники, и на больших глубинах разработки расслоения в почве выработки происходят на глубины, значительно превосходящие 25 м.

Целью настоящей работы является повышение надежности метода прогноза ВРПП и на этой основе обеспечение безопасного проведения горных выработок и их эксплуатации с точки зрения газового фактора.

Прогноз прорывов метана из почвы горных выработок для оценки возможности внезапного разрушения надрабатываемого горного массива, примерного места внезапного разрушения горного массива в протяженных выработках, глубины разрушения горного массива, возможности внезапного прорыва метана из почвы проводимой (проектируемой) выработки, ожидаемого максимального расхода метана в выработку и минимального содержания кислорода должен осуществляться согласно нормативным документам [1, 7] на сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам угля и газа шахтах. При установлении опасности прорывов метана должны выполняться мероприятия, разработанные

в соответствии с п. 3 «Инструкции по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок» [1].

Так, не соблюдение п. 3.5.12 «Правил безопасности в угольных шахтах» [7] привело к внезапному разрушению пород почвы с прорывом газа при проведении конвейерного квершлага гор. 420 м блока № 3 шахты «Западно-Донбасская» ГХК «Павлоградуголь». Шахта «Западно-Донбасская» отнесена к сверхкатегорным по метану, опасная по пыли, относительная газообильность шахты – $24,7 \text{ м}^3/\text{т}$.

В соответствии с утвержденным проектом реконструкции шахты конвейерный квершлаг гор. 420 м (рис. 1) проводился для вскрытия и подготовки восточного крыла пластов c_8^H и c_8^B блока № 3.

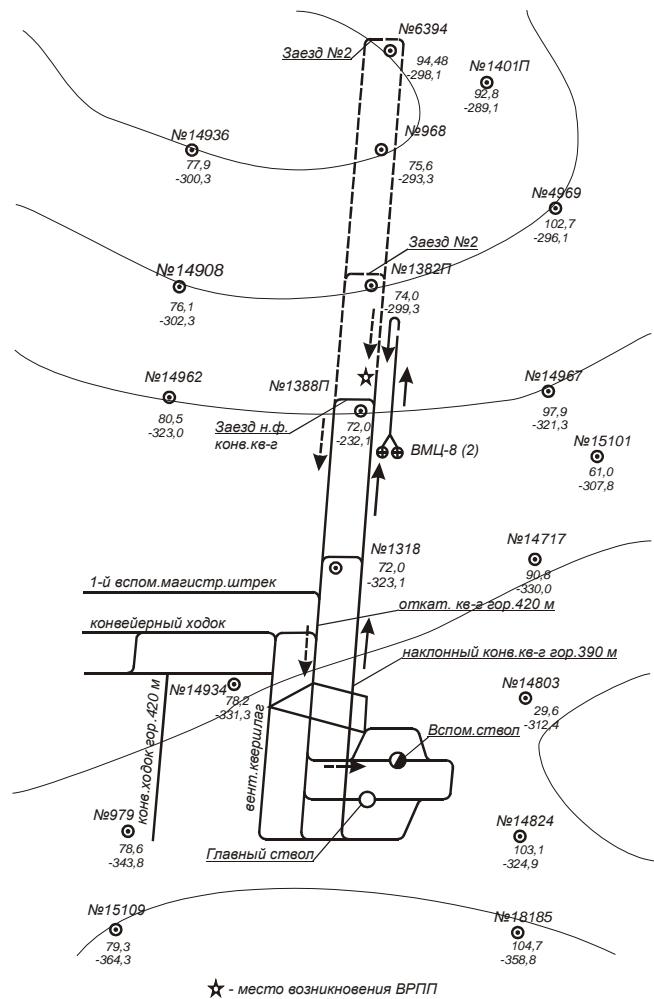


Рис. 1. Выкопировка с плана горных выработок пласта c_8^H

Выработка проводилась с ПК-0 до ПК-22 по пласту угля c_8^H , затем с ПК-22 до ПК-35 по пропластку угля и далее по пустым породам комбайновым способом (комбайн 1П-110). Площадь поперечного сечения в проходке составила $19,2 \text{ м}^2$, а в свету – $16,2 \text{ м}^2$.

Первоначально (по проекту) проветривание забоя конвейерного квершлага осуществлялось по вентиляционным трубам $\varnothing=800 \text{ мм}$ с помощью вентиляторов местного проветривания ВМ-6. Прогнозируемое (расчетное) метановыделение составляло $2,12 \text{ м}^3/\text{мин}$ при расходе воздуха – $547 \text{ м}^3/\text{мин}$. При подходе забоя конвейерного квершлага к ПК-36 (длина квершлага составляла 360 м) произошло повышение концентрации метана на исходящей из выработки струе воздуха (рис. 2).

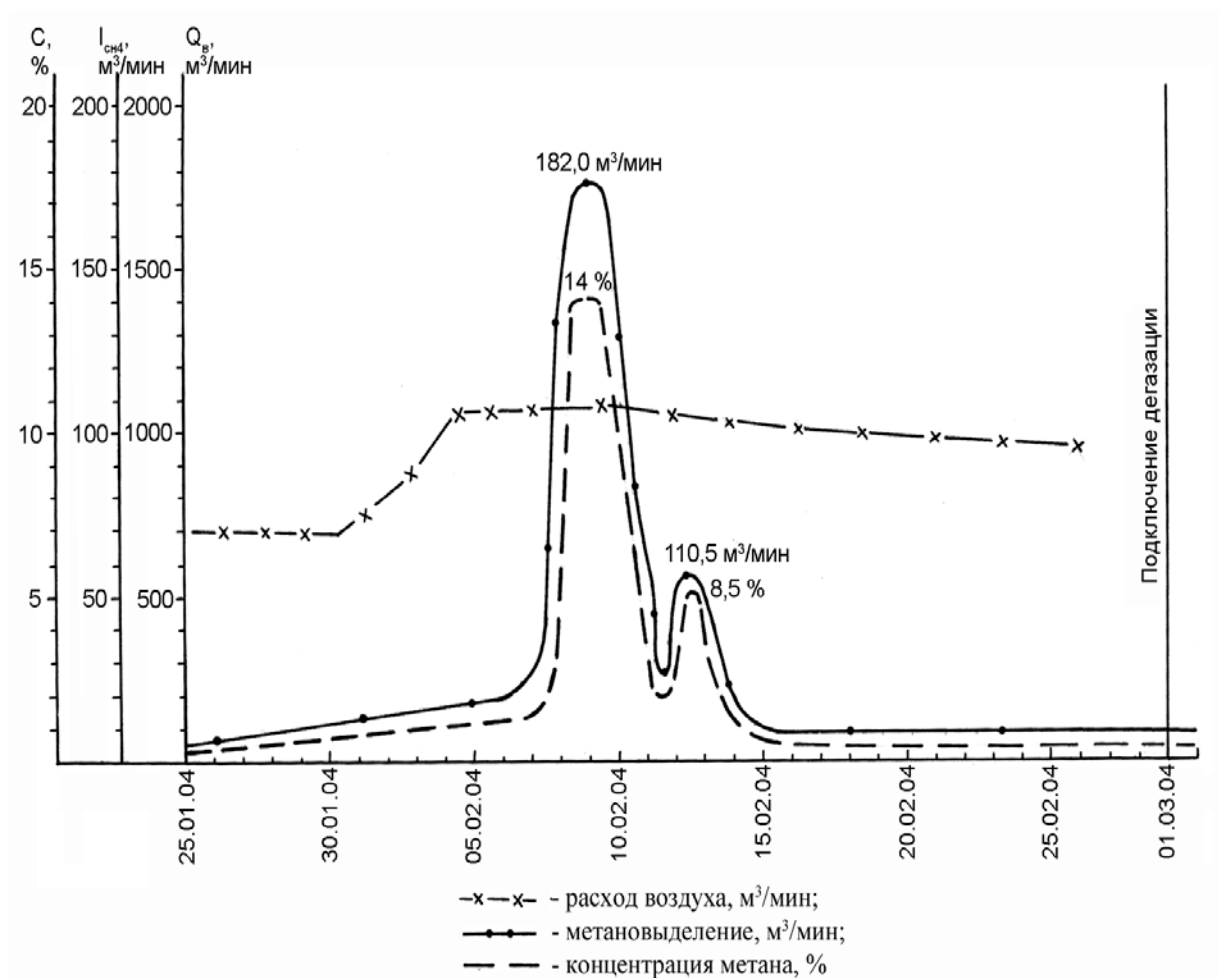


Рис. 2. Динамика газовиділення при ВРПІ, конвеєрний квершлаг гор. 420 м

Увеличение подаваемого в забой подготовительной выработки количества воздуха до 1300 м³/мин (установка двух соединенных параллельно вентиляторов ВМУ-10, работающих на вентиляционный трубопровод $\varnothing = 1000$ мм) не обеспечило снижения концентрации метана на исходящей струе до безопасных норм [7]. 8 февраля 2004 года произошло загазирование квершлага, при этом концентрация метана, как в исходящей вентиляционной струе выработки, так и исходящей струе крыла шахты значительно превышала нормы, регламентируемые ПБ [7], и составила соответственно 14,0 и 3,0 %. В дальнейшем газовыделение начало снижаться, однако имелись всплески газовыделения (значительно ниже первоначального газовыделения), а затем его снижение, и, примерно через четверо суток концентрация метана на исходящей струе достигла регламентируемых норм (см. рис. 2).

При обследовании конвейерного квершлага гор.420 м было установлено, что произошел внезапный разлом почвы выработки с прорывом газа (ВРПГ). В почве выработки образовалась трещина, ориентированная по линии продольной оси выработки, длиной – 17,5 м и шириной зияния трещин – 3-5 см, высота поднятия почвы составила – 0,05-0,20 м. До стабилизации газовыделения на участке подготовительной выработки за 4 суток выделилось более 675 тыс. м³ метана. По ориентировочным расчетам начальный расход метана в момент возникновения ВРПГ составил – 182 м³/мин.

Результаты обследования после стабилизации газовой обстановки показали, что обильное метановыделение также наблюдается и из кровли выработки (концентрация метана у кровли достигала 1,5 %).

Исследованиями также было установлено наличие в почве выработки газоносного песчаника, залегающего на расстоянии 7,6 – 14,8 м от подошвы выработки. Песчаник c_6Sc_8 по данным геологоразведочной документации (по данным ИП КПИ-65 и ГИС), – газонасыщен. Газовый контакт происходит на глубине – 334,33 м. Расчетное газосодержание песчаника составляет 0,82-2,48, в среднем – 1,86 м³ газа/м³ породы или 0,27-1,1 м³/т, в сред-

нем – 0,8 м³/т. По результатам проведенных исследований песчаник газоносный по всей длине коллектора.

Для исследуемого участка характерен очень большой разброс коллекторских свойств вмещающих пород. Так на глубине 400-450 м разброс значений открытой пористости песчаника c_6 S_{c_8} составляет 3,0 – 30,3 %, что свидетельствует о резкой смене коллекторских свойств в небольшом интервале глубин. Мощность песчаника на данном участке колеблется от 12,5 до 38,8 м.

Для выявления потенциального источника метановыделения, которым, согласно [1], является газоносный угольный пласт (пропласток) или углистый сланец, а также скопления метана в полостях дизъюнктивных нарушений была изучена горно-геологическая документация: прогнозный паспорт проведения конвейерного квершлага и геологические разрезы по двадцати скважинам, прилегающим к данному участку.

Для скважин, характерных для данного участка (табл. 1), угольные пласты (пропластки) в почве выработки отсутствуют. В скважинах, наиболее близко прилегающих к данному участку, имеются в наличии два угольных пласта (пропластка) $c_7^{2н}$ и б/н, залегающих от подошвы выработки на расстоянии 27,75 – 40,0 м и 33,0 – 57,7 м, соответственно (табл. 1).

Анализируя выше приведенный материал, для повышения надежности и эффективности прогнозирования ВРПП и разработки мероприятий по безопасному проведению конвейерного квершлага, необходимо следующее.

Скорректировать исходные данные по геологическим разрезам скважин для составления прогноза ВРПП.

Провести прогноз ВРПП путем «разбивки» выработки на отдельные характерные участки (длины).

Разработать мероприятия по обеспечению безопасности ведения конвейерного квершлага гор. 420 м и способ предупреждения ВРПП.

Корректировка исходных данных для составления прогноза ВРПП была произведена следующим образом.

Таблиця 1

Характеристика угольних пластів и пород

Показатели	№ скваж.	Угольные пласты (пропластки), залегающие в кровле выработки						Угольные пласты, залегающие в почве выработки						Песчаник c_6c_8 , залегающий в почве	
		б/н		с ^н		с ^в		с ^{н2}		б/н		Рас-ние от под., м		Рас-ние от под., м	
		мощн ость, м	Рас- ние от кр., м	мощн ость, м	Рас- ние от кр., м	мощн ость, м	Рас- ние от кр., м	мощн ость, м	Рас- ние от под., м	мощн ость, м	Рас- ние от под., м	мощн ость, м	Рас- ние от под., м	мощн ость, м	Рас- ние от под., м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Скважины, характерные для данного участка	№1318	-	-	0.65	0.60	0.65	5.15	0.40	31.80	0.20	38.76	13.80	12.50		
	№1388П	-	-	0.90	0.70	0.65	5.73	0.40	29.50	0.20	37.90	12.80	15.25		
	№1382п	0.15	5.15	1.05	7.40	0.70	12.95	0.20	39.10	0.30	54.50	27.40	8.80		
	№968	0.2	1.30	1.00	3.15	0.70	9.35	0.20	45.0	0.30	59.70	26.40	12.80		
	№1401П	0.15	3.85	1.05	6.05	0.70	11.70	0.50	35.95	0.18	54.90	22.40	5.65		
	№6394	0.20	0.55	0.90	3.05	0.70	10.00	0.40	34.40	0.30	59.18	38.80	7.80		
	№1510П	0.70	1.00	0.65	2.50	0.75	6.75	0.40	27.75	0.18	35.50	10.00	25.50		
	№18185	0.70	1.10	0.65	2.30	0.80	7.05	0.40	27.60	0.18	35.00	11.00	24.30		
	№979	0.85	1.05	0.70	2.80	0.90	5.70	0.40	28.00	0.20	30.00	-	-		
	№14824	0.80	2.08	0.65	3.05	0.77	6.05	0.35	29.75	0.15	33.00	18.80	27.05		
	№14803	0.90	1.10	0.65	2.75	0.70	9.70	0.40	30.00	-	-	5.7	40.70		
	№14934	0.80	3.00	0.65	3.30	0.80	7.01	0.40	33.50	0.25	38.70	18.00	26.40		
	№14932	-	-	0.65	2.70	0.65	4.40	0.33	34.75	0.15	40.50	12.75	33.30		
	№14717	-	-	0.90	0.85	0.75	5.13	0.40	28.90	0.20	37.70	13.50	13.50		
	№14962	0.77	1.35	0.70	2.25	0.70	6.30	0.40	29.00	0.20	38.10	12.90	16.05		
№15101	-	-	0.70	3.05	0.65	6.00	-	-	0.18	37.70	-	-			
№14967	0.20	4.07	0.90	0.95	0.70	6.05	0.40	29.00	0.20	37.70	13.10	16.45			
№14908	0.17	4.70	1.07	6.95	0.70	14.05	0.20	40.00	0.30	55.50	25.70	10.75			
№14936	0.15	4.50	1.00	5.77	0.68	12.75	0.20	37.70	0.18	57.70	21.30	7.70			
№4969	0.20	5.07	0.70	2.45	0.70	6.25	0.20	39.00	0.30	55.00	26.05	13.15			

По скважинам, наиболее близко расположенным к рассматриваемому участку (см. рис. 1), путем интерполяции литологического состава как пород слагающих почву выработки конвейерного квершлага, так и угольных пластов (пропластков), залегающих в почве по изогипсам угольных пластов, предположили наличие таковых в скважинах, в которых они отсутствуют. Так по изогипсам угольных пластов (пропластков) была составлена группа скважин:

Скв. № 14934 – скв. № 1318 – скв. № 14717 (-330 м);

Скв. № 14962 – скв. № 1388П – скв. № 14967 (-320 м);

Скв. № 14908 – скв. № 1382П – скв. № 4969 (-300 м);

Скв. № 4936 – скв. № 968 – скв. № 1401П – скв. № 6394 (-300 м).

Таким образом, в исходные данные были занесены предполагаемые средние мощности угольных пластов (пропластков) и расстояния от подошвы выработки.

Прогноз внезапных разломов почвы и прорывов метана, учитывая сложную гипсометрию слагающих почву слоев пород, большой разброс мощности и коллекторских свойств вмещающих пород, был выполнен для шести характерных точек (длин подготовительной выработки): при длине квершлага, считая от заезда с откаточного квершлага гор. 420 м на конвейерный квершлаг гор. 420 м – 10 м (скв. № 1318), 270 м (скв. № 1388П), 590 м (скв. № 1382П), 810 м (скв. № 968), 1060 м (скв. № 1401П) и 1130 м (скв. № 6394).

Как показал прогноз – конвейерный квершлаг гор. 420 м опасен по ВРПП при длине выработки – 270 м. В остальных характерных точках выработка является неопасной по ВРПП (табл. 2).

Учитывая изменение литологического состава вмещающих пород, наличие обильного водопритока, ведущего к ухудшению прочностных свойств вмещающих пород, наличие в почве выработки мощного газоносного песчаника c_6Sc_8 , наличие в кровле выработки газоносных угольных пропластков, были предложены следующие мероприятия:

а) предусмотреть бурение дегазационных скважин, как в почву выработки, так и в кровлю конвейерного квершлага гор. 420 м по параметрам, представленным в таблице 3 (рис. 3);

Таблица 2
 Характеристика выработки и данные прогноза ВРПП

№ п/п	Наименование	Скважины					
		№ 1318	№ 1388П	№ 1382П	№ 1401П	№ 968	№ 6394
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ширина выработки, м	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
2	Длина капитальной выработки, м	10	270	590	810	1060	1130
3	Количество слоев пород почвы	18	18	14	13	14	7
4	Глубина зоны газового выветривания, м	150	150	150	150	150	150
5	Расход воздуха в капитальной выработке, м ³ /мин	300	600	900	1200	1500	1800
6	Расход метана в исходящей струе выработки до газодинамического явления, м ³ /мин	1,8	3,6	7,2	9,6	12,4	14,4
7	Опасность по ВРПП	не опасна	опасна	не опасна	не опасна	не опасна	не опасна
8	Глубина разрушения, м	-	29,5	-	-	-	-

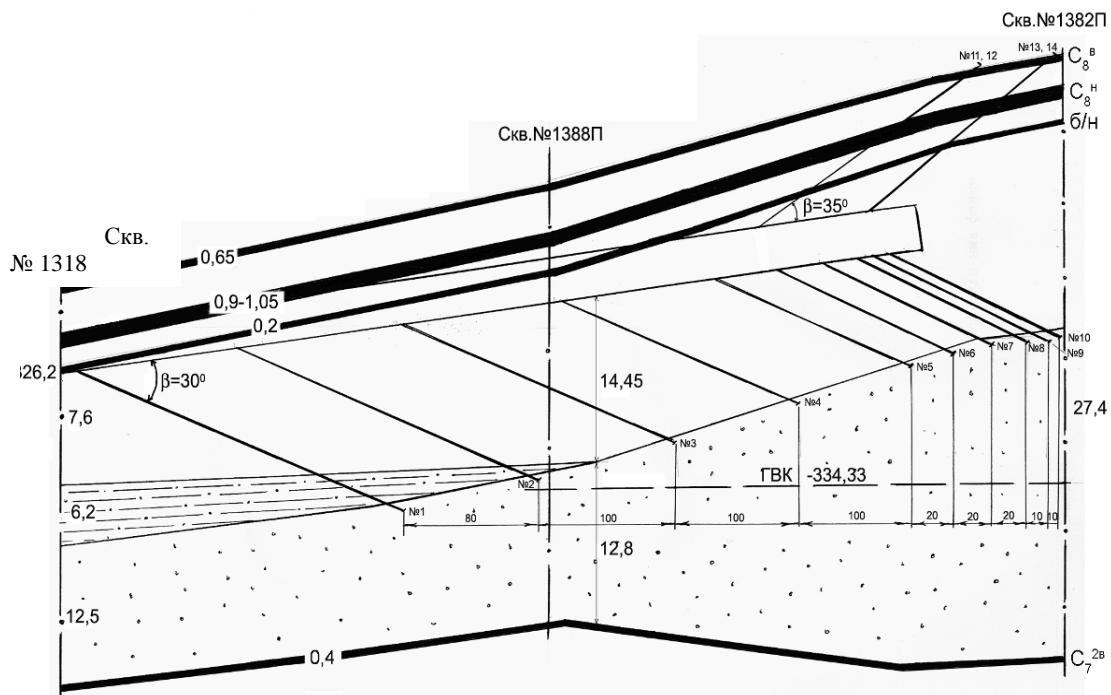


Рис. 3. Схема расположения и бурения дегазационных скважин при проведении конвейерного квершлага гор. 420 м

Таблица 3

Характеристика выработки и данные прогноза ВРПП

№ п/п дегазационной скважины	Дегазирующий источник	Угол наклона от почвы (кровли) выработки, град.	Угол разворота скв. от продольной оси выработки, град.	Длина скважины, м	Глубина герметизации, м	Расстояние между скважинами, м
В почву выработки						
1	Песчаник c_6Sc_8	-30	70	25	не менее 6 м	-
2	- " -	-30	70	25	- " -	80
3	- " -	-30	70	20	- " -	100
4	- " -	-30	70	20	- " -	100
5	- " -	-30	80	18	- " -	20
6	- " -	-30	70	20	- " -	20
7	- " -	-30	80	15	- " -	20
8	- " -	-30	70	20	- " -	20
9	- " -	-30	80	15	- " -	10
10	- " -	-30	70	15	- " -	10
В кровлю выработки						
11	Пласт c_8^B	35	20	32	не менее 10 м	-
12	- " -	35	20	32	- " -	-
13	- " -	35	20	32	- " -	-
14	- " -	35	20	32	- " -	-

б) бурение дегазационных скважин в зону трещин производить с применением устройств ГУБС с последующим подключением к газопроводу;

в) предусмотреть отвод метана с помощью каптажных колпаков или других устройств, подключаемых к газопроводу, перекрывающих трещины. Размеры каптажных колпаков должны превышать площадь проявления метана, которую надо перекрыть.

С указанными параметрами конвейерным квершлагом гор. 420 м было пройдено 840 м, внезапных разрушений пород почвы и прорывов метана из надрабатываемого массива не отмечено.

Выводы. Для обеспечения надежности прогнозирования внезапных прорывов метана из почвы подготовительных (капитальных) горных выработок необходимо руководствоваться следующим.

1. При наличии в почве подготовительной (капитальной) выработки газоносных песчаников, имеющих большой разброс как коллекторских свойств, так и мощностей, прогноз ВРПП производить дифференцировано, путем «разбивки» выработки на отдельные характерные участки (интервалы).

2. Исходные данные для составления прогноза ВРПП необходимо брать не только по скважинам, характерным для данного участка, но и ближайшим скважинам, расположенным на расстоянии до 300-500 м, и путем интерполяции литологического состава пород, слагающих почву подготовительной (капитальной) выработки по изогипсам угольных пластов, предполагать их наличие в скважине, в которой они отсутствуют.

3. При резком изменении горно-геологических условий (наличие обильного водопритока, изменения прочностных свойств слагающих породы почвы выработки, литологического состава пород) прогноз ВРПП следует производить локально, с учетом данных факторов, характеризующих конкретные участки-интервалы выработки.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок. – Макеевка: Донбасс. Ротапринт МакНИИ, 1987. – 29 с.
2. Внезапные разрушения почвы и прорывы метана в выработки угольных шахт / А.М. Морев, Л.А. Скляров, И.М. Большинский и др. – М. : Недра, 1992. – 174 с.
3. Ашихмин В.Д., Маркин В.А. Внезапные разломы почвы с прорывами газа в выработках, прогнозируемых как неопасные [Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах]. / В.Д. Ашихмин, В.А. Маркин // Сб. научн. трудов МакНИИ, 1998. – С. 28 – 36.

4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Киев, 1994. – 311 с.
5. СОУ 10.1.00174088.001-2004. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. Минтопэнерго Украины, Киев, 2004. – 161 с.
6. Скляр Л.А., Водолазский В.Т., Шерсткин В.В. Прогноз и предупреждение прорывов метана из почвы выработок: Обзор. / Л.А. Скляр, В.Т. Водолазский, В.В. Шерсткин – М.: ЦНИЭИуголь, 1984. – 29 с.
7. Правила безопасности в угольных шахтах. – Киев. – 2000, – 495 с.
8. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработать способ прогноза предупреждения опасных прорывов метана из надработанного горного массива в выработки шахт». МакНИИ, 1984. – 142 с.
9. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработать способы прогноза и предупреждения опасных прорывов метана из надработанного горного массива в выработки шахт». – Ленинград: ВНИМИ, 1982. – 88 с.