

*К.т.н., доц. Денисенко В.П.,
аспирантка Абакумова Е.В.
(ДонГТУ, Алчевск, Украина)*

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОДРАБАТЫВАЕМОГО УГЛЕНОСНОГО МАССИВА НА ФОРМИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ ГАЗОВЫХ СИТУАЦИЙ НА ДОБЫЧНОМ УЧАСТКЕ

*Проведено дослідження залежності частоти і інтенсивності за-
газувань гірничих виробок з технологічних причин від літологічного
складу і ступеня порушення газонасиченого масиву порід покрівлі на
прикладі шахт Донбасу. Запропонована класифікація масивів покрівлі
робочих вугільних пластів по ступеню небезпеки загазування гірничих
виробок видобувної ділянки.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Взрывы метановоздушных смесей относятся к одному из наиболее тяжелых видов аварий в угольных шахтах в связи с тем, что они приводят к групповым несчастным случаям, масштабным разрушениям горных выработок и горношахтного оборудования и, как следствие, к большим материальным и финансовым убыткам. Трагизм таких аварий заключается в то, что при взрывах метана наблюдается почти 100 % смертельный травматизм людей, застигнутых аварией. Более того, при ликвидации последствий аварий довольно часто гибнут горноспасатели. Так, на одной из шахт Российской Федерации непосредственно при взрыве метана погибли 2 горнорабочих, а при ликвидации аварии погибли 24 работника горноспасательной службы [1]. На шахте им. А.Ф. Засядько при взрыве 18 ноября 2007 г. погибли 101 человек. В результате второго взрыва, который произошел 1 декабря 2007 г. было травмировано 5 работников шахты. При взрыве метана 2 декабря (третий взрыв) были травмированы 33 работника шахты, 38 горноспасателей, из них – 5 смертельно [2].

За последние 9 лет на угольных шахтах Донецкого бассейна произошло 22 крупные газовые аварии с тяжелыми последствиями. В результате взрывов метановоздушных смесей и угольной пыли количество смертельно травмированных людей достигло 567 человек [3]. На шахтах

Российской Федерации в различных угольных бассейнах количество взрывов метана по годам следующее: 1990 – 8 взрывов, 1991 – 15, 1992 – 22. 15 взрывов из последних произошло в Кузбассе. Всего за указанный период погибло 153 человека [4]. За последние 10 лет 14 крупнейших взрывов метана зарегистрировано в различных бассейнах России (8 из них в Кузбассе). При этом 499 человек травмировано со смертельным исходом [1,4].

В последнее время общей для шахт России и Украины является тенденция к увеличению частоты и катастрофичности газовых аварий с большим числом пострадавших. Примером тому являются аварии на шахтах «Ульяновская» (Кузбасс 19 марта 2007 г.) – погибло 108 человек и шахта им. А.Ф. Засядько (Донбасс 18.11. – 02.12.2007 г.) – 106 человек пострадавших.

Характерной чертой для ряда последних крупных аварий, в том числе и резонансных, является интенсивное загазирование выработок до взрывоопасных концентраций метана при практически стабильном режиме работы вентиляционной и дегазационной систем.

При расследовании аварий первоочередной задачей является установление причины загаживания выработок до взрывоопасной концентрации метана. При отсутствии внезапного выброса, как правило, рассматривается несколько вариантов причин загаживания. Массовое обрушение кровли, которое привело к эффекту «поршневого» вытеснения метана из выработанного пространства действующей лавы на шахте «Ульяновская», по мнению государственной комиссии, явилось наиболее вероятной причиной повышенного выделения метана. На шахте им. А.Ф. Засядько одной из вероятных причин загаживания явилась посадка массива кровли в аварийной лаве. Это предположение подтверждается критическим количеством импульсов сейсмоакустического сигнала зафиксированным датчиком. Согласно второй версии причиной загаживания и последующего взрыва явился внезапный прорыв метана из разломов подошвы конвейерных выработок. Взрыв метана на шахте «Красноармейская–Западная №1» в феврале 2002 г. произошел по причине внезапного выделения метана из разломов пород кровли в вентиляционной выработке в зоне влияния опорного давления действующей лавы [5].

Опасные загаживания, в рассмотренных случаях, связаны с перераспределением напряжений и деформаций в горном массиве под влиянием оседаний подработанного массива. Поэтому, установление зависимости частоты и интенсивности загаживаний от структуры массива кровли для разработки на их основе способа прогноза загаживаний является актуальной научно-технической задачей, от решения которой зависит надежное предупреждение взрывов метана в шахтах.

Анализ исследований и публикаций.

К настоящему времени установлено, что активным фактором в формировании газоопасности шахт является глубина ведения очистных работ и метанообильность шахт. Для условий Кузнецкого бассейна опыт работы шахт показал, что с увеличением глубины работ в 2 раза частота загазований увеличивается в 2,5 раза [6]. В работе [4] отмечается, что человеческий фактор является определяющим в формировании метановзрывоопасности. Установлено, что 60 % взрывов и воспламенений происходит по организационным причинам, 19 % случаев связано с неадекватными действиями людей и 21% обусловлен технической ненадежностью оборудования и проявлением природных факторов.

Анализ последних публикаций, посвященных вопросам предупреждения взрывов метановоздушных смесей, показал, что загазования в глубоких шахтах Донецкого бассейна носят элементы внезапности – происходят интенсивные загазования выработок за короткий промежуток времени. Такие загазования, в одних случаях связаны с интенсивным выносом метана из выработанного пространства при обрушении кровли на больших площадях [6]. В других – с внезапными выбросами угля и газа или внезапными отжимами призабойной части массива угля с попутным газовыделением [7], в-третьих – с внезапными прорывами метана из почвы или кровли разрабатываемого пласта [5, 8].

Постановка задачи. Установить связь между частотой и интенсивностью загазований по технологическим причинам и литологическим составом и нарушенностью подрабатываемого массива кровли.

Изложение материала и его результаты.

В качестве данных были использованы официальные материалы теруправления Госгорпромнадзора по Донецкой области учета случаев загазования и акты расследования газовых аварий; материалы публикаций по этому вопросу, а также данные по геологическим и технологическим условиям разработки метаноносных пластов по ряду шахт Донбасса. Были проанализированы все официально зарегистрированные случаи загазования горных выработок, которые имели место на шахтах Донецкой области за период с 01.01 2006 г. по 01.10.2007 г. Дополнительно анализировались случаи загазования выработок добычных участков при работе 2-х лав по пласту k_2 на шахте «Молодогвардейская» Краснодонского района Донбасса.

При регистрации все загазования принято разделять на два вида по причинам загазования. Так называемые, аварийные, которые связаны с нарушением нормальной работы вентиляции и дегазации (остановка вентиляторов главного или местного проветривания, вакуумных насосов, разрывов дегазационных трубопроводов) и технологические, которые связаны с повышенным выделением метана при обрушениях

массива кровли, вскрытии суфляров природного и эксплуатационного происхождения, интенсивном отжиме призабойной части пласта при условии нормального режима работы вентиляции и дегазации.

Анализ случаев загазирования горных выработок шахт Донецкой области показал следующее. За 2006 год общее количество загазований составило 680, за 10 месяцев 2007 г. – 522 (табл. 1).

В данной работе рассмотрены только случаи загазования различных мест выработок добычного участка по технологическим причинам. Из данных табл. 1 видно, что количество технологических загазований в 2006 г. было в 2 раза выше, чем аварийных. Также в 2006 г. произошло 42 газодинамических явления, при которых было смертельно травмировано 17 человек. За 10 месяцев 2007 г. этот показатель вырос более чем в 3 раза. Аналогично на шахтах Минуглепрома Украины за первое полугодие 2007 г. зафиксировано 602 случая загазования, из них 202 – аварийных, 400 – технологических. Основными причинами такого положения, как отмечают официальные источники, являются низкий коэффициент дегазации на шахтах, который не превышает 20-25 %; ухудшение горно-геологических условий отработки пластов; отсутствие надежных способов прогноза и предотвращения газодинамических явлений [9].

Данные, приведенные на рисунке 1, показывают, что удельный вес общих загазований, зафиксированных в очистных забоях, составляет 24-34%, в подготовительных – 66- 76%.

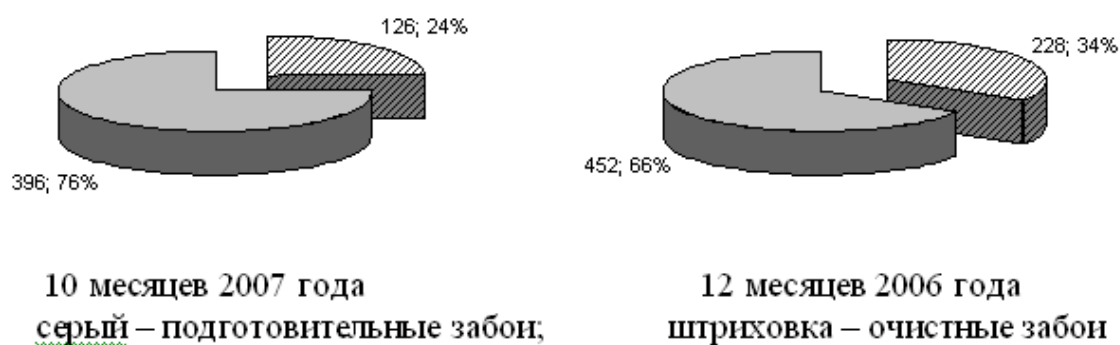


Рисунок 1 – Количество загазований в очистных и подготовительных забоях шахт Донецко-Макеевского и Красноармейского промышленных районов

Таблица 1 – Информация о случаях загазирования на шахтах Донецко-Макеевского и Красноармейского углепромышленных районов

Наименование показателей	Время наблюдений, 2006 / 2007год и месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Загазирования всего 680/522:	59/62	63/49	69/64	43/54	61/62	56/31	54/53	63/29	38/47	60/74	53/–	61/–
из них: аварийных 228/126 технологических 452/396	15/15 44/47	20/14 43/35	40/18 29/46	18/13 25/41	23/14 38/48	23/11 33/20	18/14 36/39	11/8 52/21	12/11 26/36	13/8 47/63	24/– 28/–	11/– 50/–
в том числе в: очистных забоях 253/182 подготовительных 418/331	20/17 39/43	36/28 25/19	29/24 35/40	15/21 27/31	18/26 43/36	20/10 36/21	21/16 33/36	14/6 49/22	16/16 22/30	14/18 46/53	30/– 22/–	20/– 4/–

Количество технологических загазириваний в очистных забоях среди общего числа загазириваний составляет примерно половину (рис. 2).

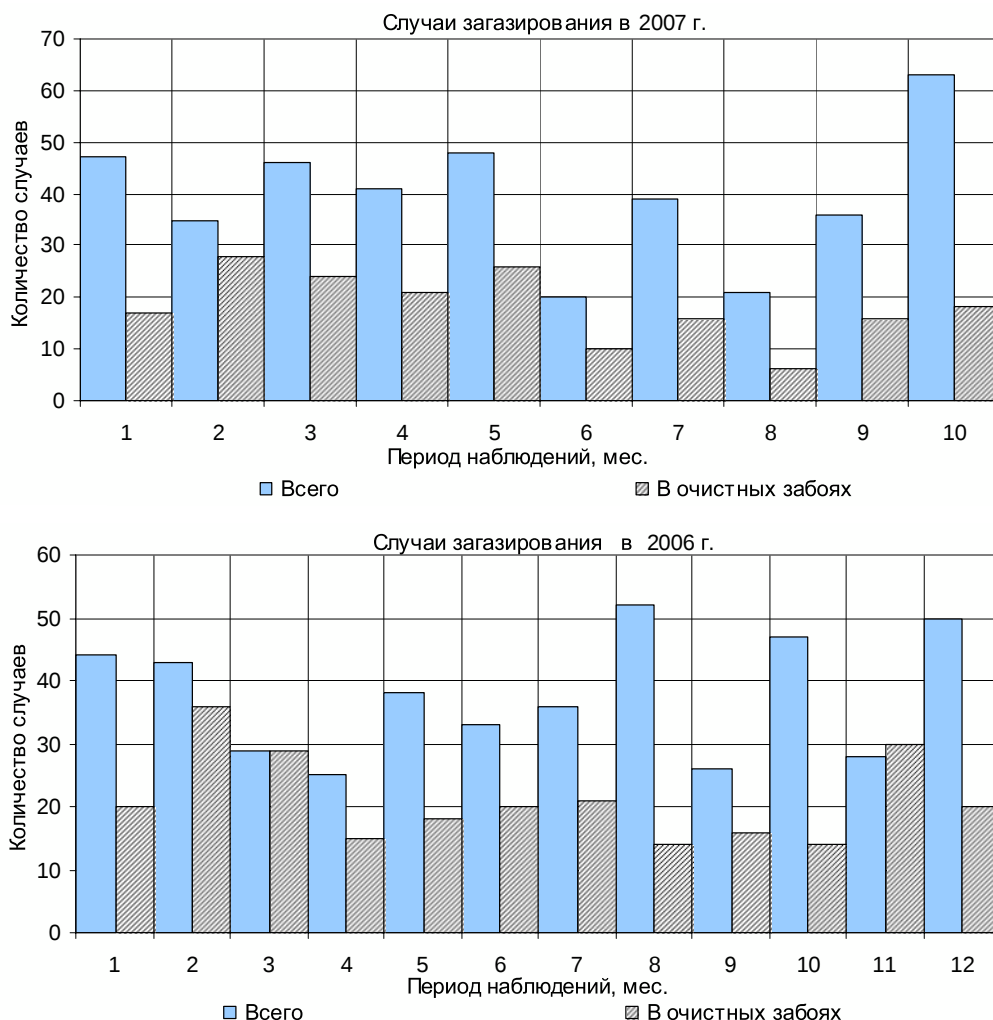


Рисунок 2 – Количество случаев загазиривания по технологическим причинам на шахтах Донецкой области

За исследуемый период, наиболее часто, загазиривания по технологическим причинам, отмечались на шахтах: им. А.Ф. Засядько – 18 случаев, «Красноармейская- Западная №1» – 22 случая, «Краснолиманская» – 12 случаев, им. А.Г. Стаханова – 8, «Алмазная» – 7, «Степная» – 6, им. А.А. Скочинского – 5, «Щегловская-Глубокая» – 5, «Чайкино-Глубокая» – 4, «Южнодонбасская» – 4, им. Бажанова – 4, «Комсомолец-Донбасса» – 2. Остальные случаи приходятся на 12 шахт различных регионов Донбасса. За 10 месяцев 2007 года, по сравнению с 2006 г., количество случаев загазиривания по технологическим причинам в лавах увеличилось в 1,5 раза. Длительность загазириваний составляла от 0,5 часа до 7 часов, концентрация метана, при этом, в местах загазиро-

вания изменялась от 1,4% до 5,0%, а местами и более. Основной причиной указанных загазирования являлось повышенное выделение метана из выработанного пространства действующих лав, приуроченных к периодам обрушения массива кровли. В отдельных случаях интенсивное выделение метана происходило при вскрытии суфляров, внезапных прорывах метана из почвы пласта или из кровли в выемочных выработках добычных участков. Как правило, загазированными оказывались верхние части лав, сопряжения лав с вентиляционными выработками, тупики погашения вентиляционных выработок, реже – общеисходящие выработки добычных участков.

Анализируемые шахты интенсивно эксплуатируют угольные пласты с высокой метаноносностью на больших глубинах, вмещающие породы значительно насыщены свободным метаном и склонны к газодинамическим явлениям (табл. 2).

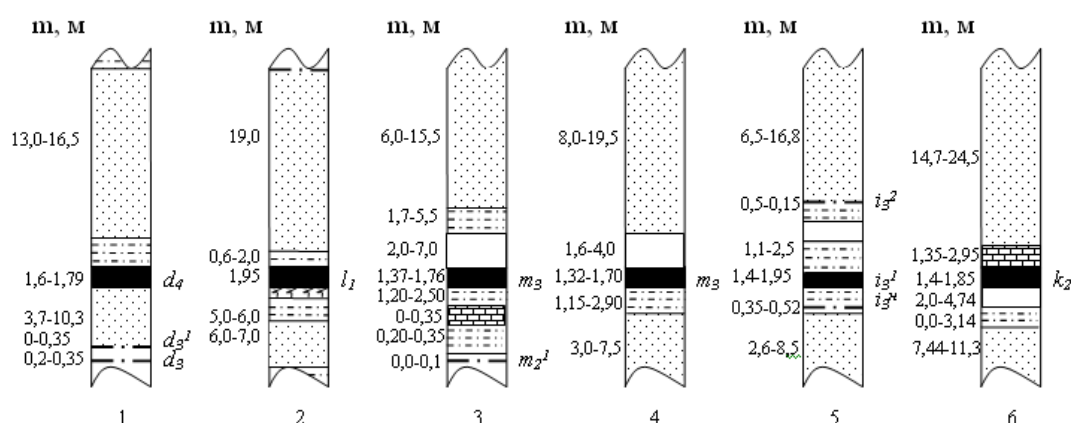
Таблица 2 – Условия отработки пластов

Шахта	Индекс пласта	Мощность пласта, м	Глубина разраб-ки, м	Природная метаноносность	
				пластов, м ³ /т	пород, м ³ /м ³
им. А.Ф. Засядько	m ₃	1,37-1,76	1100-1300	22-25 выбросо-опасны	5-7 выбросо-опасны
	l ₁	1,95			
«Красноармейская-Западная № 1»	d ₄	1,60-1,79	850-900	20-22	3-5
им. А.А. Скочинского	h ₇ ¹	1,20-1,30	1200-1300	25 выбросо-опасны	5-6 выбросо-опасны
им. Бажанова, «Чайкино-Глубокая»	m ₃	1,32-1,70	1200	25-27 выбросо-опасны	5-6 выбросо-опасны
Молодогвардейская	k ₂	1,40-1,85	880-900	20-22 выбросо-опасны	3-4 выбросо-опасны
«Суходольская-Восточная»	i ₃ ¹	1,40-1,95	950-1100	22-25 выбросо-опасны	3-5 выбросо-опасны

Аналогичные условия отработки угольных пластов имеет большинство шахт, на которых наблюдались частые загазирования.

Характерной особенностью литологического состава вмещающих пород является то, что в почве и кровле угольных пластов в пределах их ближайшего окружения залегают слои метанонасыщенных песчаников, при этом, кровля представлена слоями песчаников мощностью 15-30 м. На рисунке 3 в качестве примера представлен литологический состав пород вмещающих основные продуктивные угольные пласты Донецкого бассейна.

Многолетний опыт отработки пластов и многочисленные исследования показали, что при наличии в кровле мощных слоев метанонасыщенных песчаников, массив кровли, который в таких условиях относится к категории труднообрушаемых, способствует формированию различного рода газодинамических явлений как в угольных пластах (внезапные выбросы угля и газа, внезапные отжимы призабойной части пласта с повышенным метановыделением), так и в породах (внезапные прорыв метана из почвы и кровли) [5, 7, 8].



1 – «Красноармейская-Западная № 1», 2, 3 – им. А.Ф. Засядько, 4 – им. Бажанова, «Чайкино-Глубокая», 5 – «Суходольская-Восточная», 6 – «Молодогвардейская».

Рисунок 3 – Литологический состав вмещающих пород

Наиболее интенсивные выделения метана динамического характера, как правило, приурочены к участкам, осложненным как пикативными положительными структурами (антиклинальные складки, купола), так и разрывными тектоническими нарушениями. Показательным в этом отношении является масштабное загазирование выработок добычного участка 13 восточной лавы пл. I_1 шахты им. А.Ф. Засядько. Здесь, при отходе лавы от монтажного ходка на 12-14 м, произошло внезапное смещение толщи пород кровли со скоростью порядка 37 мм/сек. Это

привело к поломке секций механизированной крепи на протяжении верхней половины лавы и выделению метана с интенсивностью $400 \text{ м}^3/\text{мин.}$ (за 4 часа выделилось около 100 тыс. м^3 метана). Детальное изучение геологии аварийного участка показало, что породы почвы и кровли в призабойном пространстве ослаблены за счет развитой трещиноватости. На расстоянии 32 м впереди забоя развита серия разрывных нарушений сбросового характера с амплитудой 0,4-0,6 м и углом падения сместителя 35° . Отмечено, что основным влияющим фактором в развитии этого динамического явления является смена строения песчаника основной кровли, за счет изменения его мощности, гипсометрии залегания и развития трещиноватости.

В итоге, интенсивное смещение кровли, которое сопровождалось обильным выделением метана из подрабатываемого песчаника, также спровоцировало внезапное разрушение почвы и прорыв метана из подстилающего метаноносного песчаника (см. рис. 3 поз. 2).

В пределах Луганской области наиболее метанообильными являются шахты Краснодонского углепромышленного района. Шестью шахтами ОАО Краснодонуголь в настоящее время разрабатываются основные продуктивные пласты k_2 , k_2^H , i_3^1 и k_5^H с углами падения $2-16^\circ$ на глубинах 850-1200 м. Массивы кровли указанных пластов кроме пласта k_5^H представлены мощными (20-30 м) слоями газоводонасыщенных и метнонасыщенных песчаников. Основные загазирования, отмеченные на этих шахтах, связаны с повышенным выделением метана из выработанного пространства при посадке кровли, которая в этих условиях является труднообрушаемой. Наибольшая метанообильность выработок добычных участков и частые загазирования наблюдаются там, где развита малоамплитудная складчатость в виде антиклинальных и купольных поднятий в горизонтах песчаников кровли разрабатываемых пластов.

Так на ш. «Молодогвардейская» в условиях отработки пласта k_2 за период с февраля 2006 г. по декабрь 2007 г. официально зарегистрировано 47 случаев загазирования выработок добычного участка по технологическим причинам. Загазирования с концентрацией метана 1,35-2,5 % и продолжительностью от 0,5 до 5 часов были связаны с обрушением кровли.

В настоящее время шахтой отрабатывается пл. k_2 в лежащем крыле Самсоновского надвига (Орловский участок) на глубине 800-850 м. Пласт полезной мощностью 1,65 м и вынимаемой – 2,1-2,2 м на действующем горизонте имеет природную метаноносность $22-24 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$ В кровле на расстоянии 1,5-2,0 м от пласта повсеместно залегает слой песчаника мощностью 19-25 м, который в нижней половине насыщен водой и метаном, в верхней части – метаном. Очистные работы за указанный период велись в зоне влияния Самсоновского надвига двумя ла-

вами: 17 Орловская лава отрабатывала пласт по восстанию параллельно зоне надвига, 28 Орловская лава отрабатывает пласт по простиранию, удаляясь от зоны надвига по мере развития очистных работ. Отрабатываемый участок пласта в непосредственной близости (100-150 м) от плоскости смещения надвига осложнен поперечной антиклинальной складкой, которая получила развитие в верхней части 28 Орловской лавы, простирается в нижнюю часть лавы и далее на нижние горизонты и поле ш. «Самсоновская-Западная». Средний уровень метановыделения из выработанного пространства 28 Орловской лавы за первые 3 месяца работы составил 22-25 м³/мин., что в 2 раза выше, чем в 17 Орловской лаве (10-12 м³/мин). Количество загазирования в 28 Орловской лаве за 100 суток работы составила 28 случаев, тогда как за весь период работы 17 Орловской лавы (480 суток) – 19 случаев.

Таким образом массив кровли, представленный мощными слоями метанонасыщенных песчаников, играет доминирующую роль в формировании наиболее опасных загазирования горных выработок – загазирования по технологическим причинам.

Для прогноза приуроченности загазирования к определенным участкам разрабатываемых пластов нами предлагается классификация массивов кровли по степени опасности загазирования горных выработок с учетом структуры массива кровли – литологического состава и нарушенности (табл. 3). При этом принято, что угольные пласты и вмещающие породы обладают высокой метаноносностью, характерной для больших глубин разработки.

Таблица 3 – Классификация массивов кровли по степени опасности загазирования горных выработок

Категория опасности	Литологический состав, нарушенность	Категория по обрушаемости	Частота и интенсивность загазирования
Потенциально опасная	Чередование разнотипных слоев пород	A ₁ – A ₂	Редкие кратковременные, C _{метана} до 2%
Опасная	Песчаник (15-30 м) Нарушения отсутствуют	A ₂ – A ₃	Частые, C _{метана} от 2% до 4%
Особо опасная	Песчаник (15-30 м) Зоны положительных структур	A ₃ – A ₄	Частые длительные, C _{метана} свыше 4%

Выводы.

Частота и интенсивность опасных загазирования зависит от литологического состава массива пород кровли пласта. Наличие в кровле мощных слоев газонасыщенных песчаников в сочетании с тектоническими нарушениями предопределяет степень их опасности в отношении загазирования горных выработок.

Предложенная классификация массивов кровли позволяет прогнозировать потенциально опасные участки разрабатываемого пласта по степени опасности загазирования горных выработок с учетом структуры массива кровли.

Проведено исследование зависимости частоты и интенсивности загазирования горных выработок по технологическим причинам от литологического состава и степени нарушения массива пород кровли насыщенного метаном на примере шахт Донбасса. Предложена классификация массивов кровли рабочих угольных пластов по степени опасности загазирования горных выработок добычного участка.

Research of dependence of frequency and intensity of the table of contents of methane is higher than standard mining making is conducted on technological causes from litologic composition and degree of violation of array of rocks of roof of saturated by methane on the example of mines of Donbas. Classification of arrays of roof of working coal layers on the degree of danger of the table of contents of methane is higher than standard mining making of extraction area is offered.

Библиографический список.

1. Платонов В. Трагедия на российской шахте. Взрыв на «Ульяновской»/ В. Платонов // Информационно-аналитический бюллетень Минуглепрома Украины «Чистый четверг». – К., 2007. – вып.1 (13). – С. 51- 52.
2. Так что же произошло на шахте им. А.Ф. Засядько. // Информационно-аналитический бюллетень Минуглепрома Украины «Чистый четверг». – К., 2007. – вып.4 (16). – С. 41- 50.
3. Ивашин В.М. Основные причины крупных аварий на угольных шахтах Украины/ В.М. Ивашин // Информационно-аналитический бюллетень Минуглепрома Украины «Чистый четверг». – К., 2007. – вып.4 (16). – С. 31- 38.
4. Лавцевич В.П. Оценка метановзрывоопасности технологических схем угольных шахт: теория, методы, моделирование /В.П. Лавцевич

вич / Автореф. дисс. на соискание уч степ. д-ра т.н. защита 27.05.1994 г. – Кемерово, 1994. – 35с.

5. Агафонов А.В. Внезапные выделения метана из кровли выработок/ А.В. Агафонов, А.И. Бобров, Е.П. Захаров // Уголь Украины, 2002, №11. – С. 28-30.

6. Тарасов Б.Г., Колмаков В.А. Газовый барьер угольных шахт/ Б.Г. Тарасов, В.А. Колмаков. – М.: Недра, 1978. – 200 с.

7. Брюханов А.М. Моделирование формирования взрывоопасной среды при газодинамических процессах в угольных шахтах/ А.М. Брюханов // Сборник научн. Трудов МакНИИ / Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. – Макеевка, МакНИИ, 2007. – вып. 19. – С. 64-72.

8. Морев А.М. Внезапные разрушения почвы и прорывы метана в выработки угольных шахт/ А.М. Морев – М.: Недра, 1992. – 174 с.

9. Яценко И.А. Об итогах работы предприятий угольной промышленности в области охраны труда/ И.А. Яценко // Информационно-аналитический бюллетень Минуглепрома Украины «Чистый четверг». – К., 2007. – вып.3 (15). – С. 25- 27.

Рекомендовано к печати д-р т.н., проф. Фрумкиным Р.А.