

УДК 622.411.322

Основные параметры прогноза импульсных метановыделений в зонах геологических нарушений

Обоснованы параметры прогноза внезапного загазирования выработок при обрушениях кровли. Приведены схемы вероятных геологических разрезов мест возможного прорыва метана в забой. Разработаны предварительные геологические критерии прогноза внезапных загазирования горных выработок при обрушении пород основной кровли в зонах геологических нарушений.

Ключевые слова: импульсное выделение метана, посадка основной кровли, внезапное загазирование, прогноз, геологическое нарушение.

Контактная информация: sergmineev@gmail.com

Постановка проблемы. Отработка газоносных угольных пластов на шахтах Донбасса осложнена выделением метана в горные выработки. Это достаточно серьезный фактор, ограничивающий нагрузку на очистной забой, и основная причина группового производственного травматизма вследствие того, что газовыделение приводит к взрывам и вспышкам метана. В течение последних десятилетий в угольных шахтах Украины произошел ряд взрывов метана и угольной пыли, которые привели к трагическим последствиям (шахты «Суходольская-Восточная», «Славяносербская», «Золотое», им. А. А. Скочинского, им. А. Ф. Засядько, им. Н. П. Баракова, им. С. М. Кирова, «Краснолиманская», «Южнодонбасская» №1, шахтоуправление «Покровское» и др.). Из 100 взрывов, зарегистрированных после 1971 г., в 82 шахтах причиной был только метан, в 17 – метан и угольная пыль и в одной – угольная пыль. Кроме взрывов, за этот период отмечено около 300 вспышек и горения метана, которые не реализовались в виде взрыва.

Необходимо отметить, что одна из распространенных причин образования взрывоопасной газовой среды в выработках – внезапное повышенное метановыделение при посадках основной кровли. Наиболее опасным считается метановыделение импульсного характера при обрушении кровли в зоне влияния геологических нарушений. Поэтому важной задачей обеспечения безопасности труда шахтеров остается предупреждение загазирования горных выработок. Вместе с тем однозначного метода прогноза и технологических решений, позволяющих предотвратить импульсное загазирование, нет. Учитывая изложенное, очевидна актуальность исследований по прогнозной оценке импульсных метановыделений в забой выработки в зонах геологических нарушений.



С. П. МИНЕЕВ,
доктор техн. наук
(ИГТМ НАН Украины)



В. Н. КОЧЕРГА,
инж.
(ИГТМ НАН Украины)



А. С. ЯНЖУЛА,
инж.
(ПАО «Шахтоуправление
«Покровское»)



А. А. ГУЛАЙ,
инж.
(ПАО «Шахтоуправление
«Покровское»)

Цель работы – обоснование параметров прогноза импульсных метановыделений в зонах геологических нарушений.

Рассмотрим возможность прогнозирования импульсных выделений метана в зонах геологических нарушений при обрушении пород кровли.

Предпосылки к обоснованию прогноза импульсных метановыделений. Специалисты отрасли исследуют несколько механизмов импульсного выделения метана [1–7]: суффлярное; при обрушении пород кровли, в том числе со значительным выдавливанием метана в выработки из куполов и полостей расслоения; образование искусственных и естественных коллекторов; спонтанный перевод сорбированного газа в свободный и др.

Анализ условий реализации внезапных загазирования в шахтах показал, что при обрушении пород кровли внезапные выделения метана могут происходить как из кровли, так и из подошвы выработки [4–8].

По мнению авторов работ [5–7], существует несколько причин внезапного газовыделения: приуроченность шахтного поля к брахиклинали и низкая степень метаморфизма углевмещающей толщи, способствующие образованию структурно-поровой ловушки свободного газа; наличие в кровле газонасыщенных песчаников; вскрытие горной выработкой зоны малоамплитудной нарушенности; обрушение основной кровли, в результате которого обнажается газонасыщенный песчаник и структурно-поровотектоническая ловушка свободного метана; высокие фильтрационные свойства пород, обусловленные зоной малоамплитудной нарушенности и способствующие мгновенному загазированию выработок. Вместе с тем установлена неоднозначность изменения метановыделения при пересечении горными работами малоамплитудных геологических нарушений [2, 3, 5, 9], т. е. при пересечении нарушения в одних случаях наблюдается увеличение метановыделения, а в других – его уменьшение.

Несмотря на многочисленные исследования в области борьбы с суффлярами и другими видами импульсного метановыделения, до настоящего времени не разработаны нормативная методика прогноза газовыделения во время обрушения пород кровли в зонах геологических нарушений и эффективные мероприятия по предотвращению загазирования выработок, особенно в случае пересечения геологических нарушений горными работами.

Из-за отсутствия надежной нормативной базы не удалось предотвратить внезапное выделение метана и, как следствие, его взрывы на шахтах «Золотое» ГП «Первомайскуголь» (24 сентября 1993 г.), им. С. М. Кирова ГП «Макеевуголь» (5 мая 2001 г.) и ОАО «Шахтоуправление «Покровское» (18 августа 2014 г.), которые имели трагические последствия. Многочисленные загазирования горных выработок приводят к длительным простоям выемочных участков. Например, внезапное загазирование на шахте «Холодная балка» ГП «Макеевуголь» в мае 2001 г. стало причиной простоя участка в течение девяти дней.

Однако даже если бы место внезапного газовыделения было прогнозировано, полностью его предотвратить весьма затруднительно. Так, на шахте им. С. М. Кирова ГП «Макеевуголь» при отходе 5-й восточной лавы пласта h_{10}^B от монтажного ходка на расстояние 10–70 м ожидалось интенсивное метановыделение. Для его предотвращения было пробурено десять экспериментальных дегазационных скважин. Несмотря на принятые меры, при отходе лавы на расстояние 15 м от монтажного ходка во время интенсивного выделения метана произошло загазирование участка. Содержание метана в исходящей струе достигало 2,5 %.

Горнотехнические условия взрывов метана и внезапных загазирования, произошедших в выработках во время посадки основной кровли в зонах геологических нарушений, авторы анализировали ранее [5]. Результаты анализа позволяют определить основные положения механизма процессов импульсного загазирования, которые наблюдались при обрушении пород кровли в зонах геологических нарушений.

Обрушение пород кровли, как правило, сопровождается интенсивным выделением метана из разгруженных угольных пластов и пород в выработанное пространство [1–3, 10]. Его содержание в исходящей струе выемочного участка за короткий промежуток времени может увеличиваться в несколько раз. В течение одних-двух суток интенсивность газовыделения сначала быстро, а затем медленно падает. В случае прорыва метана из кровли его

содержание в выработках максимально увеличивалось в 20 раз, а дебит суфляра составлял $33 \text{ м}^3/\text{мин}$ [5]. При внезапных прорывах метана из подошвы выработки максимальный дебит суфляра достигал $200 \text{ м}^3/\text{мин}$. Интенсивное газовыделение продолжалось несколько часов, а затем резко снижалось.

Анализ динамики случаев загазирования на шахтах «Золотое» ГП «Первомайскуголь», им. С. М. Кирова и «Холодная балка» ГП «Макеевуголь» при обрушении кровли показывает, что в течение от нескольких минут до нескольких часов метановыделение из кровли увеличивалось в 6–35 раз и достигало максимальных значений ($55\text{--}77 \text{ м}^3/\text{мин}$), а затем постепенно снижалось. Общий дебит выделившегося метана составлял от 110 до 327 тыс. м^3 . Однако из расчета объема газа, который может выделиться из подработанной толщи в зоне дегазирующего влияния очистной выработки [5], следует, что в рассмотренных случаях в горные выработки не могло поступить такое количество газа. По-видимому, метан выделился из свободных объемов или из участков, прилегающих к подработанной толще и связанной с ней системой трещин, или же путем спонтанного перевода газа из одного фазового состояния в другое.

Если в зону обрушения попадает геологическое нарушение, то дебит метана может увеличиться за счет притока газа из вмещающих пород и сблизенных пластов, удаленных на значительное расстояние от разрабатываемого пласта. Тектонические трещины геологических нарушений в таком случае играют роль коллектора, связывающего выработки с удаленными разгруженными угольными пластами. Интенсивность газовыделения при этом невысокая, дебит суфляра чаще всего не превышает $3 \text{ м}^3/\text{мин}$, однако его продолжительность может достигать 50 сут и более. Геологические нарушения, в зоне которых были зафиксированы загазирования, имели амплитуду смещения пород до 0,5 м и небольшую протяженность.

Обоснование параметров прогноза импульсного метановыделения. На основании выполненного авторами анализа геологических условий внезапных выделений метана в горные выработки при обрушениях кровли в зонах геологических нарушений сформули-

рованы возможные *геологические критерии прогноза* исследуемого явления [5, 6]. При их обосновании отмечалось, что тектонические нарушения имеют существенное, если не главное, значение как для перераспределения свободных газов в угленосной толще, так и при прогнозировании горно-геологических условий отработки угольных пластов. Следует учитывать, что существующие пликвативные формы, дизъюнктивные нарушения, трещиноватость оказывают заметное воздействие на вековую геологическую дегазацию пластов и перераспределение свободных газов.

Наиболее характерные проявления локальных тектонических факторов на распределение свободных газов в угленосной толще сводятся к следующему [4, 5, 9, 11–13]. В антиклинальных сводах закрытых (перекрытых коренными глинистыми и песчано-глинистыми породами) и полузакрытых антиклиналей газоносность угольных пластов и газонасыщенность (за счет свободного газа) углевмещающих пород выше, чем на той же глубине от поверхности в крыльях этих структур с выходом пластов под наносы.

В синклиналиях повышенная газоносность отмечается в донной части, уменьшаясь в направлении воздымания замков складок.

К флексурам и перегибам часто приурочены локальные скопления свободного газа, что обусловлено образованием трещин и соответственно трещинного коллектора в зоне флексурного перегиба.

Дизъюнктивные нарушения надвигового типа, а также малоамплитудные нарушения нередко образуют тектонические ловушки свободного газа в зонах повышенной трещиноватости, расположенных вблизи геологического нарушения. Чаще всего эти зоны приурочены к вмещающим породам с благоприятными фильтрационно-емкостными свойствами, аккумулирующими газ во время катагенеза толщи и генерации метана угольными пластами, на которые накладывается повышенная трещиноватость, обусловленная формированием пликвативных и дизъюнктивных структур.

Геологические нарушения и разупрочненные зоны – пути миграции газов. Однозначно определить роль нарушения – экранирующую или дренирующую – по его типу без

реконструкции палеотектоники и изучения газоносности весьма затруднительно. Однако опыт отработки угольных пластов показал, что большинство нарушений сопровождается зонами повышенной газоносности, что обусловлено образованием трещинного коллектора в зоне влияния нарушения [9, 11–13].

Расчет зоны повышенной трещиноватости, связанной с разрывным нарушением, выполняется по известной формуле [14]

$$B_{\Pi} = N_{\Pi} / \sin \gamma, \quad (1)$$

где B_{Π} – ширина зоны влияния разрыва, измеряемая в плоскости пласта перпендикулярно к линии скречивания, м;

N_{Π} – нормальная (стратиграфическая) амплитуда смещения, м;

γ – двугранный угол между плоскостью сместителя и напластованием, ...°.

Исследование закономерностей изменения интенсивности проявления очень мелких разрывных структур по мере удаления от плоскостей нарушения крупных надвигов позволило установить размеры зон влияния этих надвигов, значения которых определяются по формуле [14]

$$B = 10,1 N_p^{0,76}, \quad (2)$$

где B – ширина зоны влияния разрыва, м;

N_p – стратиграфическая амплитуда разрыва, м.

Большие притоки метана в горные выработки связаны с наличием в кровле отрабатываемых угольных пластов горизонтов газонасыщенных песчаников – коллекторов метана. Чаще всего это мощные отложения русловой, пойменной или подводно-дельтовой фации. В силу генетических условий формирования песчаники характеризуются достаточно высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Они способны аккумулировать газ, образующийся при углефикации растительного материала, а также мигрирующий из глубин по ослабленным зонам. Как правило, в каждом геолого-промышленном районе Донбасса определенные слои песчаников газонасыщенные на всей площади района. Распределение газа в них неравномерное, что обусловлено неоднородностью фильтрационно-емкостных свойств, невыдержанностью по мощности и по фациальной принадлежности, а также трещиноватостью,

структурно-тектоническим положением, гидродинамическими параметрами.

Опасность загазирования горных выработок значительно снижается, если газонасыщенный горизонт расположен в непосредственной кровле угольного пласта и мощность его ограничена. В этом случае во время проведения очистных работ горизонт постепенно обнажается и метан удаляется вентиляционной струей или дегазацией.

При наличии в непосредственной и в значительной мере в основной кровле плотных непроницаемых пород (покрышки), изолирующих вышележащие породы и препятствующих их дегазации, разгрузка вышележащих газонасыщенных песчаников и газоотдача из них происходят мгновенно в момент обрушения основной кровли. При наличии в песчаниках больших объемов газа и высокопроницаемых пород, а особенно зоны нарушенных пород, газоотдача наиболее интенсивная.

Высокая газодинамическая напряженность массива – одна из причин интенсивного газовыделения при вскрытии геологических нарушений во время обрушения основной кровли. При ведении горных работ по угольным пластам в массиве, где очистные работы по близлежащим пластам не проводились и горный массив не разгружен, опасность загазирования возрастает. Это обусловлено высокой газодинамической напряженностью массива, когда пластовые давления газа близки к гидростатическим. Низкие фильтрационные свойства пород, особенно глинистых, препятствуют дегазации газонасыщенных пластов.

При ведении горных работ и вскрытии ими геологических нарушений происходит разгрузка массива, особенно интенсивная в момент обрушения основной кровли, а также дегазация массива по техногенным трещинам. Поэтому считается, что наиболее опасны по загазированию шахтные поля, где горные работы проводятся на участках со скоплениями свободного метана. Тектонические нарушения на таких участках, особенно надвигового характера, являются проводниками свободного газа. Во время обрушений основной кровли газовые ловушки вскрываются и в выработки интенсивно выделяется метан.

Принцип разрабатываемого авторами прогноза базируется на механизме внезапного

прорыва метана из кровли и заключается в анализе горно-геологических условий разрабатываемого горного массива и выявлении в нем геологических критериев прогноза. Механизм внезапных прорывов метана из кровли может быть представлен следующим образом. Одиночный угольный пласт разрабатывается в зоне влияния пликативного (антиклинали, купола, флексуры, брахиантиклинали, осевые части синклиналей) или малоамплитудного (амплитуда смещений до 10 м) разрывного (надвиги, сбросы, взбросы) геологического нарушения, способного образовывать газовые ловушки. Непосредственная кровля пласта представлена легко обрушающимися газонепроницаемыми породами (аргиллиты и алевролиты), выше которых залегает трещиноватый газонасыщенный песчаник (трещинный коллектор свободного газа), сопровождающийся в кровле или подошве выработки угольным пластом. Во время обрушений основной кровли происходит обнажение трещинного коллектора и свободный газ, скопившийся в нем, начинает интенсивно выделяться в выработки. Причем газ может выделяться с больших площадей, находящихся вне зоны влияния очистных работ.

В зонах надработки газонасыщенных структур общий дебит метана на выемочном участке возрастает до $70 \text{ м}^3/\text{мин}$ и более, а в зонах подработки разрывных нарушений – до $3\text{--}5 \text{ м}^3/\text{мин}$. Обрушения кровли и разгрузка песчаника после прорыва газа, как правило, не вызывают аномальных газовыделений в связи с дегазацией породы-коллектора и выходом очистных работ из зоны влияния геологического нарушения.

На основании анализа опыта ведения горных работ и выполненных исследований разработаны основные критерии прогноза внезапных метановыделений в зонах геологических нарушений при обрушении пород кровли. Сущность разработанных мероприятий такова. Прогноз мест возможных прорывов метана из кровли выработки на шахтах выполняется геологическими службами путем анализа геологической документации и осуществляется на стадии проектирования выемочного участка.

Для выполнения прогноза участков разрабатываемого пласта, опасных по внезапным выбросам метана, используется такая

документация: планы горных выработок, в том числе перспективные для пластов, предусматриваемых к отработке шахтой; гипсометрические планы пластов; карты природной газоносности угольных пластов; геологическая и тектоническая карты шахтного поля; вертикальные геологические разрезы по простиранию и вкрест простирания пластов; стратиграфические колонки залегания горных пород по геолого-разведочным скважинам, стволам и другим выработкам; сведения о газопроявлениях в разведочных скважинах и о суфлярных и повышенных выделениях метана в горные выработки в пределах шахтного поля; геологические отчеты о разведке (до-разведке) шахтного поля или участка.

После изучения геолого-маркшейдерской документации устанавливают наличие в пределах шахтного поля горно-геологических условий, а также образование в ненарушенном горном массиве микрозалежей газа согласно данным, приведенным в таблице.

Границы опасных участков необходимо нанести на планы горных выработок, а опасные зоны – внести в Книгу учета опасных зон, где их учет будет проводиться в соответствии с программой развития горных работ на планируемый год.

Рассмотрим сущность методологии по условиям отнесения участков разрабатываемого пласта к опасным по выбросам метана из кровли и определения границ этих участков. Участки разрабатываемого пласта, расположенные под толщей пород и характеризующиеся наличием горно-геологических условий, при которых возможно образование микрозалежей газа, относят к опасным по импульсным прорывам метана. Возможные границы определяют согласно таблице. Пояснения к рекомендациям, данным в таблице, изображены на рис. 1–4 в виде схем геологических разрезов пород в месте возможного прорыва метана из кровли при разных вариантах залегания пласта и в разных зонах геологического нарушения.

Пояснительная записка к прогнозным мероприятиям с результатами оценки степени опасности разрабатываемого пласта по внезапным прорывам метана в выработки и прилагаемые к ней графические материалы, по мнению авторов, должны быть согласованы с институтом, курирующим рассматриваемую шахту, и утверждены главным инженером шахты.

МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ

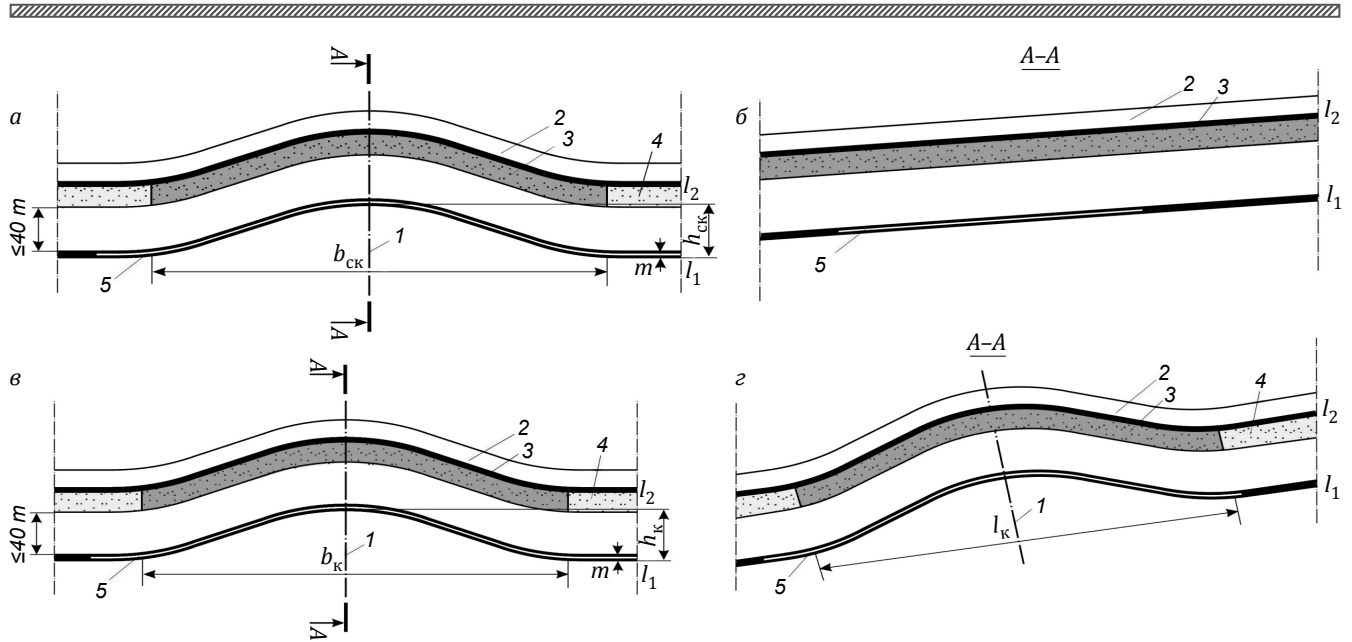


Рис. 1. Схема геологического разреза пород в месте возможного прорыва метана из кровли при антиклинальном (а, б) и куполообразном (в, г) залегании пласта: а, в – по простиранию пласта; б, г – вкрест простирания пласта (по оси антиклинали); 1 – ось складки; 2 – аргиллит, алевролит, известняк; 3 – зона повышенной газонасыщенности массива; 4 – песчаник; 5 – выработанное пространство; l_1, l_2 – угольные пласты; l_k – длина купола; $b_{ск}$ и b_k – ширина складки и купола; $h_{ск}$ и h_k – высота складки и купола; m – вынимаемая мощность разрабатываемого пласта.

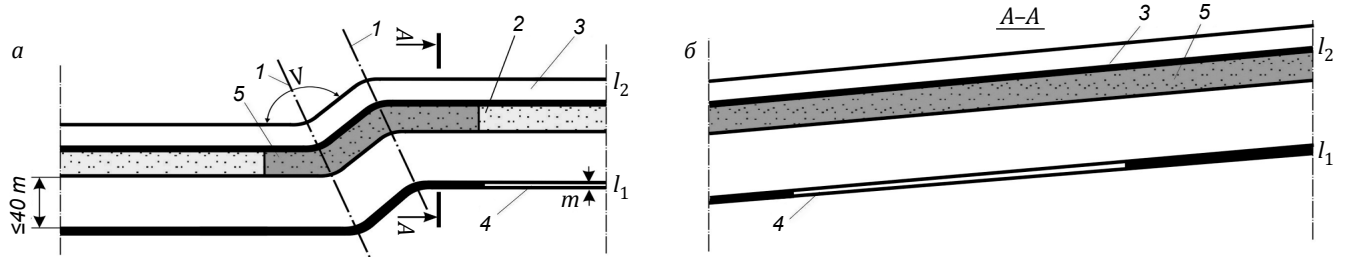


Рис. 2. Схема геологического разреза пород в месте возможного прорыва метана в зоне флексурного изгиба пластов: а – по простиранию пласта; б – вкрест простирания пласта; 1 – ось складки; 2 – песчаник; 3 – аргиллит, алевролит, известняк; 4 – выработанное пространство; 5 – зона повышенной газонасыщенности массива; V – двугранный угол флексуры.

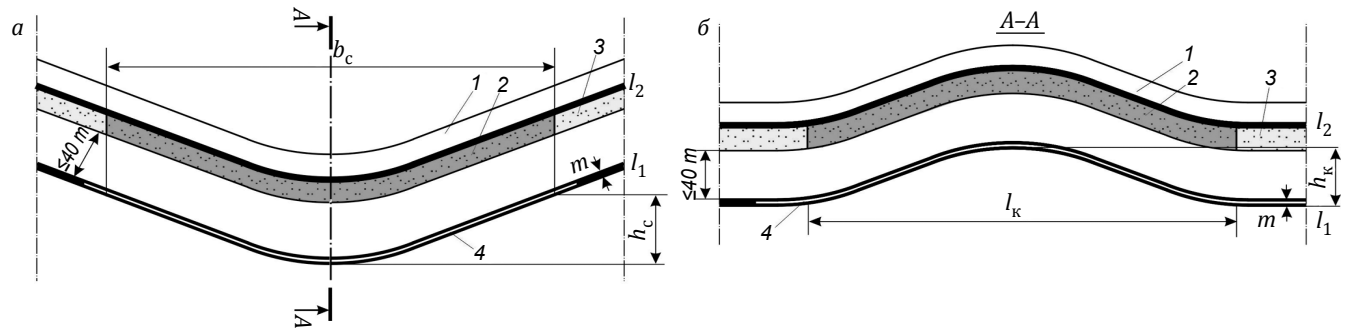


Рис. 3. Схема геологического разреза пород в месте возможного прорыва метана из кровли при синклинальном залегании пластов и антиклинального подъема оси синклинали в донной ее части: а – вкрест простирания пласта; б – по простиранию пласта; 1 – аргиллит, алевролит, известняк; 2 – зона повышенной газонасыщенности массива; 3 – песчаник; 4 – выработанное пространство; h_c – глубина синклинали; b_k – ширина купола; l_c – длина выпуклой части синклинали; h_c – высота изгиба оси синклинали.

МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ

Характеристика горно-геологических условий	Границы опасных участков
<i>1. В зонах складчатых структур</i>	
<p>1.1. Подработанная толща залегает антиклинально (рис. 1, а, б). Отношение высоты складки h_c к ее ширине b_c больше 1/50. Непосредственная кровля разрабатываемого пласта l_1 представлена легко обрушаемыми породами (аргиллиты, алевролиты). Выше разрабатываемого пласта l_1 на расстоянии от $2m$ до $40m$ (m – вынимаемая мощность разрабатываемого пласта) залегает песчаник, вмещающий в кровле или почве угольный пласт или пропласток l_2. Песчаник перекрыт в кровле породой-газоупором</p>	<p>По простиранию пласта на расстоянии не менее 20 м в обе стороны от основания складки. Вкрест простирания пласта – на протяжении длины изгиба</p>
<p>1.2. Подработанная толща залегает в виде брахиантиклинали или купола (рис. 1, в, з). Отношение высоты купола h_k к его ширине b_k больше 1/50. Другие условия – согласно п. 1.1</p>	<p>По простиранию и вкрест простирания пласта – на расстоянии не менее 20 м вблизи основания брахиантиклинали или купола</p>
<p>1.3. Породная толща залегает в виде флексуры – коленчатого изгиба пластов, которые простираются моноклинально (рис. 2). Угол флексуры V от 90 до 170°. Другие условия – согласно п. 1.1</p>	<p>По простиранию пласта – на расстоянии не менее 100 м в обе стороны от основания флексуры. Вкрест простирания пласта – на расстоянии длины флексуры</p>
<p>1.4. Подрабатываемая толща залегает синклинали (рис. 3). Отношение высоты складки h_c к ее ширине b_k больше 1/35. Ось складки изогнута антиклинально. Изгиб больше 1/50. Другие условия – согласно п. 1.1</p>	<p>Вкрест простирания пласта на расстоянии не менее 100 м в обе стороны от оси синклинали. По простиранию – на расстоянии изогнутой донной части синклинали</p>
<i>2. В зонах геологических нарушений</i>	
<p>2.1. В подрабатываемой толще есть продольное разрывное геологическое малоамплитудное нарушение, созданное в условиях сжатия, с амплитудой смещения до 10 м (рис. 4), которое не выходит на земную поверхность (обычно это апофиза большого надвига). Другие условия – согласно п. 1.1</p>	<p>На расстоянии не менее 20 м в обе стороны от линии скрещивания пласта и сместителя разрыва</p>
<p>2.2. В подрабатываемой толще есть зона затухания продольного или диагонального разрывного геологического нарушения (рис. 4). Другие условия – согласно п. 1.1</p>	<p>На расстоянии 40 м в обе стороны от линии скрещивания пласта и сместителя разрыва</p>

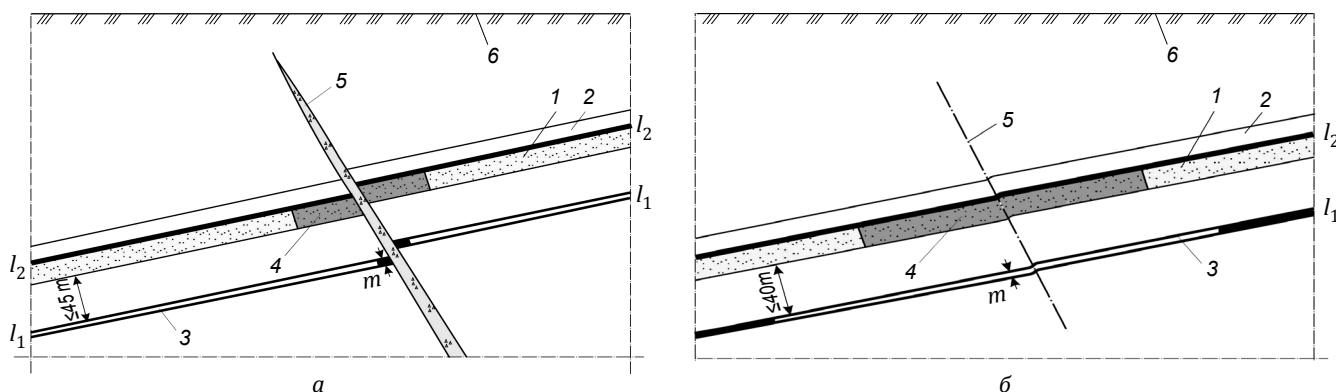


Рис. 4. Схема геологического разреза вкрест простирания пород в месте возможного прорыва метана в кровле разрывного нарушения (а) и в зоне затухания геологического нарушения (б): 1 – песчаник; 2 – аргиллит, алевролит, известняк; 3 – выработанное пространство; 4 – зона повышенной газонасыщенности массива; 5 – зона дробления пород, сместитель разрыва; 6 – земная поверхность.

Выводы. Обрушение пород кровли нередко сопровождается интенсивным выделением метана из разгруженных угольных пластов и пород в выработанное пространство – как из кровли, так и из почвы пласта. При прорывах газа из кровли метановыделение может существенно увеличиваться и достигать максимальных значений в течение короткого промежутка времени. Затем дебит выделяющегося газа постепенно снижается. Однако следует иметь в виду, что в некоторых горно-геологических условиях интенсивное метановыделение в выработки даже при первичных посадках кровли не происходит.

Наиболее интенсивно газ выделяется при обрушениях пород в зоне влияния пликативных нарушений из трещинно-поровых газовых коллекторов, а в зоне влияния разрывных нарушений при обрушении пород кровли газовыделение менее интенсивно.

Чтобы исключить возможность внезапных импульсных загазований горных выработок и обеспечить безопасное ведение горных работ по газовому фактору, необходимо осуществлять предварительную дегазацию свободных скоплений метана в установленных коллекторах.

Сформулированные в статье основные условия (критерии) отнесения участков разрабатываемого пласта к опасным по импульсным метановыделениям и предложенные типовые схемы геологических разрезов пород, характерных для возможных прорывов метана в забой проводимых выработок, могут стать основой для выполнения прогноза возможности импульсных метановыделений в зонах геологических нарушений при обрушении пород кровли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов М. А. Суфлярные выделения метана в угольных шахтах / М. А. Фролов, А. И. Бобров. – М.: Недра, 1971. – 160 с.
2. Петросян А. Э. Закономерности, характеризующие процессы газовыделения в горных выработках, и их инженерное приложение / А. Э. Петросян. – М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1967. – 23 с.
3. Морев А. М. Внезапные разрушения почвы и прорывы метана в выработки угольных шахт / [А. М. Морев,

- Л. А. Скларов, И. М. Большинский и др.]. – М.: Недра, 1992. – 174 с.
4. Минеев С. П. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах / С. П. Минеев, А. А. Рубинский, О. В. Витушко, А. Г. Радченко. – Донецк: Східний вид. дiм, 2010. – 604 с.
5. Минеев С. П. Оценка импульсного метановыделения в зонах геологических нарушений при обрушении пород кровли / С. П. Минеев, В. Н. Кочерга, А. С. Янжула // Уголь Украины. – 2016. – № 1. – 11–18.
6. Минеев С. П. Закономерности метановыделения при высоких скоростях подвигания очистного забоя / С. П. Минеев, В. Н. Кочерга, А. С. Янжула // Уголь Украины. – 2015. – № 7–8. – С. 26–31.
7. Минеев С. П. Оценка возможности импульсного выделения сорбированного метана из угольного пласта / С. П. Минеев, А. А. Прусова, А. А. Потапенко, В. Н. Кочерга // Уголь Украины. – 2014. – № 10. – С. 31–36.
8. Звягильский Е. Л. Управление метановыделением на выемочных участках угольных шахт / Е. Л. Звягильский, Б. В. Бокий, О. И. Касимов. – Донецк: Ноу-лидж, 2013. – 124 с.
9. Кошелев К. В. Оценка зон влияния геологических нарушений / К. В. Кошелев, А. И. Ланда, К. Н. Лазченко // Уголь. – 1982. – № 4. – С. 49–51.
10. Петросян А. Э. Разработка пластов пологого падения с высокой газоносностью в Донбассе. – М.: Углетехиздат, 1954. – 82 с.
11. Брижанев А. М. Влияние трещинной и мелкоамплитудной разрывной тектоники на метановыделение в подземные горные выработки угольных шахт Донбасса / А. М. Брижанев, Р. А. Галазов, О. А. Куц [и др.] // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1985. – № 2. – С. 51–56.
12. Вередя В. С. Структурно-геологическая характеристика мелких тектонических нарушений в угленосных отложениях Донбасса / В. С. Вередя, Б. К. Юрченко, В. Н. Губин, В. Е. Черко // Методы изучения тектоники угольных месторождений в процессе разведки и эксплуатации. – М.: Недра, 1981. – С. 87–89.
13. Попов В. С. Мелкоамплитудные разрывные нарушения в угольных пластах Донецко-Макеевского геолого-промышленного района Донбасса // Геол. журн. – 1979. – № 6. – С. 19–30.
14. Правила перетинання гірничими виробками зон геологічних порушень на пластах, схильних до раптових викидів вугілля та газу: СОУ-П10.1.000174088.017:2009. – К.: Мінвуглепром України, 2009. – 37 с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України).