

ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ « КРУГИ НА ПОЛЯХ » ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник

(Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijs)

Рига, Латвия, e-mail: nyos@nyos.lv

Резюме.

Механизм, порождающий мгновенный выброс угля и газа в полость забоя из монолита угля, аналогичен механизму, создающему над монолитом горной породы « круги на полях ».

Основное отличие упомянутых механизмов в том, что в механизме внезапного выброса угля и газа макропространство представлено полостью забоя в монолите горной породы (уголь), а в механизме аналога («круги на полях») макропространство представлено атмосферным пространством (земная атмосфера) над поверхностью (поверхность раздела) монолита (земли) горной породы.

Кроме того, микроструктуру монолита угля, в котором возникает мгновенный выброс угля и газа в полость забоя, отличает от монолита горной породы, над которой возникают « круги на полях », частичная упорядоченность распределения в монолите угля полостей заполненных газом микроячеек.

В локальной области монолита угля, при мгновенном изменении в нём напряжения (механического), мгновенно возникают исходные микротрещины и порождённые ими полуоткрытые или открытые микроканалы.

Полости полуоткрытых микроканалов и полости исходных микротрещин заполнены газом (метаном) давление которого достигает 40 атм. и более.

При приближении полости забоя к полости исходной микротрещины разрушается угольная перемычка между полостью микротрещины и полостью забоя.

При этом высокоскоростной газовый поток из полостей микроканала и исходной микротрещины устремляется в полость забоя, вырывая из стенок микроканала твёрдые микрочастицы, подхватывая кускообразный и порошкообразный уголь из разрушенной угольной перемычки, и перемещая их в полость забоя.

Полости полуоткрытых микроканалов и полости исходных микротрещин, давление газа в которых достигает 40 атм. и более, являются источником газа, который при выбросе в забой создаёт превышение удельного газовыделения над удельным газосодержанием угольного пласта.

Мгновенный газоперенос (массоперенос) в монолите угля представляет собой высокоскоростной газовый поток из полостей полуоткрытого микроканала или исходной микротрещины в полость забоя, который возникает при образовании микропрохода из полости полуоткрытого микроканала в полость забоя или при разрушении угольной перемычки между забоем и микротрещиной.

Монолиты угля, в которых весьма вероятен выброс угля и газа, отличает от монолитов, в которых выброс маловероятен, существенно меньшая величина порогового значения потенциала N_n^ .*

Газоистощение монолита угля в ближайшей окрестности поверхности забоя создают полости открытых микроканалов, содержащиеся в монолите угля в указанной окрестности.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник

(Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijs)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ « КРУГИ НА ПОЛЯХ » ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

1. Введение

Внезапный выброс горной породы (газоносные уголь, песчаник, калийные соли и другие) и газа является наиболее сложным динамическим явлением возникающим при ведении горных работ. Внезапный выброс породы и газа часто вызывает гибель людей и уничтожение горного оборудования.

Горным породам, в которых происходят внезапные выбросы породы и газа, присущи высокая газоносность, высокое давление газа в породе, пренебрежимо малая газопроницаемость, внезапность и кратковременность (1-2 сек.) процесса выброса горной породы и газа (1).

В горных породах, подвергнутых воздействию ручного, буровзрывного или механизированного способов разработки, мгновенно изменяются механические напряжения.

Мгновенное изменение механических напряжений в горной породе сопровождается мгновенным возникновением, раскрытием и закрытием микротрещин и трещин, дроблением породы.

При мгновенном образовании, раскрытии и закрытии микротрещин и трещин и при дроблении горной породы возникают электрические токи, формируются электромагнитные поля, излучаются электромагнитные волны в широком диапазоне частот.

Трещины рассекают горные породы на большие части - монолиты.

Характерные продольные линейные размеры трещины сопоставимы с характерными линейными размерами, по крайней мере, одного из монолитов, имеющего общую поверхность с трещиной.

Монолит горной породы разрушается (дробится) при увеличении (росте) линейных размеров одной или нескольких микротрещин до размеров трещины. При превращении растущей микротрещины в трещину одна или несколько замкнутых линий на поверхности растущей микротрещины совпадают с замкнутыми линиями на внешней поверхности монолита горной породы.

2. Микроструктура газоносной горной породы.

Гетерогенную микроструктуру монолитов газоносных горных пород образуют микрочастицы твёрдой компоненты, микроплёнки капиллярно-разобшённой воды и множество полостей микрорячек, упорядоченно или частично упорядоченно распределённых между микрочастицами твёрдой компоненты и микроплёнками капиллярно-разобшённой воды, а также полости микротрещин.

Полости микрорячек заполнены газом (метаном), давление (P_m) которого может превышать 40 атмосфер

(2).

Характерная величина поперечного сечения полостей микрорячек в монолите горной породы на два (и более) порядка меньше характерной величины поперечного сечения полостей трещин, пронизывающих горную породу.

Изменение напряжений в локальной области монолита газоносной горной породы может порождать мгновенный (микросекунда и менее) разрыв гетерогенной микроструктуры монолита. При мгновенном разрыве гетерогенной микроструктуры монолита в ней мгновенно возникает полость микротрещины.

Условия в полости мгновенно возникающей микротрещины близки к условиям вакуума.

Мгновенное возникновение полости микротрещины, с условиями близкими к вакууму, мгновенно создаёт мгновенный скачок давления газа на противоположных поверхностях участка газонепроницаемой стенки, отделяющего полость образующейся микротрещины от полости соседней микрорячки (3).

Мгновенное возникновение скачка давления на противоположных поверхностях участка газонепроницаемой стенки создает на этом участке стенки ударную волну, которая (при

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolįjs)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

определённых величинах скачка давления и соответствующего ему малого (мгновенного) промежутка времени способна вызвать разрушение стенки на этом участке и создать сквозной микропроход (пробой) в полость соседней микрорячейки или микротрещины.

Полость мгновенно образовавшейся микротрещины в дальнейшем заполняется газом, который, в процессе физической и химической десорбции, выделяется в полость из стенок микротрещины, а также газом, который может поступать в полость микротрещины из полостей микрорячек, если они соединены микропроходами с полостью микротрещины.

Микропроход между полостью исходной микротрещины и полостью примыкающей к ней исходной микрорячейки мгновенно возникает при условии, что:

мгновенное возникновение полости исходной микротрещины, с условиями близкими к условиям вакуума, мгновенно создало скачок давления газа на противоположных поверхностях участка газонепроницаемой стенки, отделяющего полость образующейся исходной микротрещины от полости заполненной газом исходной микрорячейки;

величина мгновенного скачка давления газа и малый промежуток времени (мгновение), в течение которого он возник, достаточны для образования ударной волны способной разрушить участок стенки, разделяющий полости исходной микротрещины и исходной микрорячейки.

Газ из полости микрорячейки (исходной), которую сквозной микропроход (пробой) мгновенно соединил с полостью исходной микротрещины, мгновенно перемещается в полость исходной микротрещины. При этом давление газа в полости исходной микрорячейки мгновенно падает. На противоположных поверхностях участка газонепроницаемой стенки, отделяющей исходную микрорячку от соседней, заполненной газом, микрорячейки мгновенно возникает новый скачок давления газа.

Если величины нового скачка давления газа и малого промежутка времени (мгновение), в течение которого он возник, достаточны для образования ударной волны способной разрушить участок стенки между полостями указанных микрорячек, то между полостями этих микрорячек также возникает микропроход (пробой).

Процесс распространения микропроходов (пробой) между соседними микрорячками по описанной схеме прекратится в случае:

если величины мгновенного скачка давления газа и малого промежутка времени (мгновение), в течение которого возник этот скачок, недостаточны для образования ударной волны способной разрушить участок стенки между полостями соседних микрорячек;

если очередной микропроход соединит полость микрорячейки с полостью трещины или пространством окружающим поверхность монолита.

Мгновенное возникновение микропроходов (пробой) между микрорячками, вызванное мгновенным возникновением исходной микротрещины, происходит в ограниченном числе микрорячек. Количество (3) микрорячек, полости которых соединены микропроходами с исходной микротрещиной, является функцией количества исходных микрорячек, величины потенциала в исходной микрорячке и порогового значения потенциала в монолите газоносной горной породы. Величина потенциала в исходной микрорячке является функцией величины скачка давления газа и малого промежутка времени, в течение которого возник этот скачок давления на участке стенки между полостями микротрещины и исходной микрорячейки. Пороговое значение потенциала является физической характеристикой свойств монолита угля.

При вышеописанном процессе возникновения микропроходов (между исходной микротрещиной и исходной микрорячкой, между исходной микрорячкой и соседней с ней микрорячкой, а также между последующей цепочкой соседних микрорячек) в монолите возникает заполненный газом микроканал или сеть микроканалов, имеющих начало в полости исходной микротрещины (3).

Микроканал или сеть микроканалов в монолите являются закрытыми, если они не соединены микропроходами с трещиной или внешней поверхностью монолита горной породы.

Микроканал или сеть микроканалов в монолите являются полуоткрытыми, если они соединены микропроходом с трещиной или с внешней поверхностью монолита горной породы.

Стенки микрочаек состоят из газонепроницаемых микрочастиц твёрдой компоненты горной породы и микроплёнок капиллярно-разобъённой воды.

Микрочаечки, в зависимости от наличия или отсутствия в их стенках микропроходов, подразделяются на открытые и замкнутые.

Полость замкнутой микрочаечки изолирована газонепроницаемой стенкой от полостей соседних микрочаек, микротрещин, микроканалов и сетей микроканалов в монолите горной породы.

Полость открытой микрочаечки отличается от полости замкнутой микрочаечки только тем, что она соединена микропроходами, пронизывающими её газонепроницаемую стенку, с полостями соседних микрочаек или микротрещин или микроканалов или сетей микроканалов в монолите горной породы.

Микротрещины, в зависимости от наличия или отсутствия в их стенках микропроходов, подразделяются на открытые и замкнутые.

Полость замкнутой микротрещины изолирована газонепроницаемой стенкой от полостей соседних микрочаек, микротрещин, микроканалов и сетей микроканалов в монолите горной породы.

Полость открытой микротрещины отличается от полости замкнутой микротрещины только тем, что она соединена микропроходами, пронизывающими её газонепроницаемую стенку, с полостями соседних микрочаек или микротрещин или микроканалов или сетей микроканалов в монолите горной породы, или с пространством вокруг внешней поверхности монолита.

Газ, заполняющий полость замкнутой микрочаечки, изолирован газонепроницаемой стенкой от газа, заполняющего полости соседних микрочаек, микротрещин, микроканалов и сетей микроканалов в монолите горной породы.

Газ, заполняющий полости закрытого микроканала или закрытой сети микроканалов в монолите, изолирован газонепроницаемой стенкой от газа, заполняющего полости соседних микрочаек, микроканалов и сетей микроканалов в монолите горной породы, а также изолирован от пространства окружающего внешнюю поверхность монолита.

Газ, заполняющий полости полуоткрытого микроканала или полуоткрытой сети микроканалов в монолите, изолирован газонепроницаемой стенкой от газа, заполняющего полости соседних микрочаек, микротрещин, микроканалов и сетей микроканалов в монолите, и не изолирован от газа, заполняющего пространство вокруг внешней поверхности монолита, с которыми полуоткрытый микроканал или полуоткрытая сеть микроканалов соединены микропроходом.

3.Поровое пространство и газопроницаемость газоносной горной породы.

Сумма объёмов полостей замкнутых микрочаек и микротрещин, а также объёмов полостей закрытых микроканалов и сетей микроканалов, содержащихся в монолите горной породы, образует замкнутое поровое пространство монолита горной породы.

В кратковременном (1-2 сек.) массопереносе газа при выбросах газа и угля, газа и песчаника, газа и соли из монолитов газоносных горных пород (газоносные уголь, песчаник, калийные соли и другие) участвует только газ (метан) (1), который до выброса был частью газа, заполнявшего замкнутое поровое пространство монолита горной породы.

Сумма замкнутых поровых пространств монолитов горной породы образует замкнутое поровое пространство горной породы.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolij)s

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ « КРУГИ НА ПОЛЯХ » ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

Сумма объёмов полостей полуоткрытых микроканалов и сетей микроканалов, содержащихся в монолите горной породы, образует полуоткрытое поровое пространство монолита горной породы.

Сумма объёмов полостей замкнутого и полуоткрытого поровых пространств монолита горной породы образует поровое пространство монолита горной породы.

Сумма объёмов полуоткрытых поровых пространств монолитов горной породы образует полуоткрытое поровое пространство горной породы.

Сумма объёмов полостей трещин, пронизывающих горную породу, образует открытое поровое пространство трещин в горной породе.

Открытое поровое пространство трещин в горной породе образует открытое поровое пространство горной породы.

Замкнутое, полуоткрытое и открытое поровое пространство горной породы в совокупности образуют поровое пространство горной породы.

Поровое пространство горной породы заполнено газом.

Горная порода газопроницаема в целом, настолько, насколько газопроницаемо открытое поровое пространство горной породы.

Коэффициент газопроницаемости горной породы пропорционален произведению характерных величин площади поперечного сечения полостей трещин и отношения объёма открытого порового пространства горной породы к объёму горной породы.

4.Газоносный уголь и внезапный выброс угля и газа .

Внезапные выбросы, возникающие при подземной добыче угля, получили название «внезапный выброс угля и газа».

При мощных внезапных выбросах часть угля в пласте дробится до частиц порядка микрона и меньше. Раздробленный порошкообразный уголь, называемый "бешеной мукой", ведет себя подобно жидкости (4).

Несмотря на многолетние интенсивные исследования внезапных выбросов угля и газа, механизм этого явления до сих пор неясен (5).

Появляются заявления о том, что в изучении механизма внезапных выбросов угля и газа «горно-технологический подход, по-видимому, исчерпал себя» (5).

Газоносный пласт угля в земных глубинах, в котором могут происходить внезапные выбросы, представляет собой пористую среду, пустоты (полости) которой заполнены водой и газом (метаном).

Пустотность газоносного угольного пласта может составлять от 0,002 до 0,1 м³/т. (1)

Исходя из пустотности, пористость (Φ) угля (отношение объёма всех полостей в горной породе к объёму горной породы) составляет от 0,001 до 0,15 (от 0,1% до 15%).

Поровое пространство газоносного угольного пласта состоит из заполненных газом (метаном) полостей замкнутых и открытых микрочаечек и микротрещин, полостей трещин и микропроходов. Исходя из изображений микроструктуры метанонасыщенного каменного угля, приведённых в работе (4), можно оценить характерные величины размера микрочаечек (D_f), поперечного сечения (S_f) и объёма полостей (V_f) микрочаечек в газоносном угле:

$$D_f = 2,00 \cdot 10^{-5} \text{ см.};$$

$$S_f = 3,14 \cdot 10^{-10} \text{ см}^2.;$$

$$V_f = 4,19 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3. .$$

Газонепроницаемые стенки микрочаечек в газоносном угле образованы микрочастицами твёрдой компоненты угля и микроплёнками воды.

Газообразный метан, заполняющий поровое пространство в пласте газоносного угля, составляет небольшую часть (5-10% вес.) всего метана, содержащегося в пласте угля. В пласте газоносного угля основную часть метана (до 95% вес.)- в состоянии физической адсорбции

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovnik Anatolij)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

и в состоянии хемосорбции (химической адсорбции)- содержат микрочастицы твёрдой компоненты угля и микроплёнки воды, образующие стенки микрочаёчек (1). Удельное

газосодержание в газоносном пласте угля (включая газообразный метан, метан в состоянии физической адсорбции и в состоянии хемосорбции) достигает 30-40 м³/т (1).

Коэффициент (K_{ϕ}) газопроницаемости газоносного пласта угля ничтожно мал 0,0003 - 0,05 мД. (1,6).

Порядки величин коэффициента (K_{ϕ}) газопроницаемости, открытой пористости (Φ_T)- определяемой отношением открытого порового пространства горной породы к объёму горной породы- и порядок характерной величины суммарной площади поперечного сечения полостей трещин (Z_T) связаны соотношением:

$$K_{\phi} \sim (Z_T) \cdot (\Phi_T).$$

Согласно этому соотношению открытая пористость (Φ_T) пласта угля, характеризуемого величинами $K_{\phi} \leq 5 \cdot 10^{-2}$ мД., (Z_T) $> (10 \cdot S_f) \sim 3,14 \cdot 10^{-9}$ см²., не превышает 0,032%.

Иными словами, объём открытого порового пространства пласта угля (горной породы), мал по сравнению с объёмом порового пространства пласта угля (горной породы).

Уголь имеет следующие прочностные свойства (1):

0,90...7,6 МПа - на одноосное сжатие;

0,13...1,52 МПа -на сдвиг;

0,05...0,28 МПа-на разрыв.

Непосредственно в процессе выброса газа и угля принимает участие только газ (метан) (1), заполнявший до выброса поровое пространство пласта угля, в том числе, газ, заполнявший поровое пространство разрушенной при выбросе части пласта угля.

В окрестности горной выработки (за исключением небольшой зоны (до 15 м.) газового выветривания вокруг неё) газ (метан), содержащийся в микрочаёчках газоносного пласта угля, сохраняет газообразное состояние в течение десятков лет. Удельное газосодержание пласта газоносного угля в окрестностях горной выработки (за исключением упомянутой небольшой зоны газового выветривания) практически не меняется в течение десятков лет.

Границу между газоносной частью пласта угля и зоной газового выветривания принято называть «газовым барьером».

Природа существования газового барьера неизвестна (7).

Внезапные выбросы газа и угля в забой происходят во время разрушения призабойной части газоносного пласта угля ручным, буровзрывным или механизированным способами.

Во время воздействия на призабойную часть газоносного пласта угля ручным, буровзрывным или механизированным способами в пласте газоносного угля возникают мгновенные изменения напряженного состояния, которые порождают частичное или полное разрушение призабойной части угля.

В некоторых газоносных угольных пластах частичное или полное разрушение призабойной части угля ручным, буровзрывным или механизированным способами перерастает во внезапный выброс газа и угля в забой.

После внезапных выбросов газа и угля в призабойной части газоносного пласта угля остаются полости, имеющие грушевидную или кармановидную форму и размеры от нескольких метров до десятков метров (8).

Удельное газовыделение (400-500 м³/т) из угля, разрушенного при внезапных выбросах газа и угля, значительно превышает удельное газосодержание (40 м³/т) пласта газоносного угля (1, 9, 10).

Высказываются предположения о том, что такое превышение вызвано геологическими, геохимическими, геофизическими процессами, фильтрацией метана из земных глубин, а также, такими особенностями физико-химических процессов при внезапных выбросах газа и угля, как :
 мгновенный метаморфизм;
 автокатализ;
 цепные химические реакции;
 разложение газовых гидратов;
 и др. (5).

Наряду с подобными предположениями, появляются утверждения о том, что, опираясь только на традиционные представления о механизме газодинамических выбросов угля и газа, невозможно дать ответ на вопрос об источнике большей части выделяющегося газа (метана) и о причинах предполагаемой интенсивной десорбции в период (1-2 сек.) зарождения и развития выброса. (11).

5. Традиционные представления о механизме внезапного выброса угля и газа .

Традиционные представления о механизме внезапного выброса угля и газа могут быть сведены к двум сценариям (12):

1. Сценарий «кармана» предполагает, что однородность пласта прочного газоносного угля нарушает локальный объём непрочного, наполненного многочисленными микротрещинами, газоносного угля.
 Полости микротрещин в локальном объёме угля заполнены газом.
 Множество полостей микротрещин, заполняющих локальный объём непрочного газоносного угля, образует в пласте прочного газоносного угля заполненный газом карман (резервуар).
 В угольном пласте карман (резервуар) окружён обширной оболочкой прочного газоносного угля.
 Перемычка из прочного газоносного угля отделяет забой от заполненного газом кармана (резервуара).
 При приближении забоя к заполненному газом карману (резервуару) толщина перемычки из прочного газоносного угля между забоем и карманом (резервуаром) уменьшается вплоть до толщины, при которой разность давлений газа в кармане и воздуха в забое создаёт в перемычке напряжение достаточное для её разрушения.
 При внезапном разрушении перемычки возникают потоки газа и разрушенного угля в забой, т.е. происходит внезапный выброс газа и разрушенного угля из кармана (резервуара) и разрушенной перемычки в забой.
2. Сценарий «динамического процесса» предполагает, что продвижение забоя при ведении горных работ в газоносном угольном пласте изменяет распределение и величины напряжений в пласте угля перед забоем. Изменение напряжений создаёт в части газоносного угольного пласта перед движущимся забоем микротрещины, параллельные забою.
 Возникновение и раскрытие микротрещин сопровождается десорбционными явлениями, в результате которых из твёрдых стенок микротрещин выделяется газообразный метан, заполняющий газом полости микротрещин.
 Если давление газа в полостях микротрещин перед забоем превысит величину давления достаточную для разрушения угля, то произойдёт внезапный отрыв пластины газоносного угля от пласта, разрушение пластины, перемещение газа и разрушенного угля в забой.
 Раскрытие микротрещин и отрыв пластины газоносного угля изменяют распределение и величины напряжений в уцелевшей части газоносного пласта угля перед забоем и могут способствовать созданию перед забоем новых микротрещин параллельных забою.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolij)s

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

Возникновение и раскрытие новых микротрещин может вызвать отрыв и разрушение новых пластин газоносного угля, перемещение газа и разрушенного угля в забой, и т.д.
Лавинообразное развитие описанного процесса способно создать потоки газа и разрушенного газоносного угля в забой, и, тем самым, вызвать внезапный выброс газа и угля в забой.

Традиционные представления о механизме внезапного выброса угля и газа оставляют без ответа вопрос об источниках газа и механизме массообмена, которые, несмотря на кратковременность процесса выброса и ничтожную газопроницаемость газоносного угольного пласта, создают превышение удельного газовыделения (при выбросе газа и угля) над удельным газосодержанием угольного пласта.

Кроме того, традиционные представления о механизме внезапного выброса угля и газа оставляют без убедительного обоснования вопрос о характеристиках, отличающих пласты угля, в которых вероятен выброс угля и газа от пластов в которых выброс маловероятен.

Необходимо обоснование механизма возникновения и существования вблизи горной выработки зоны газоистощения и газового барьера.

Неясен механизм образования «бешенной муки».

6. Подобие и отличие механизмов возникновения «кругов на полях», и внезапного выброса угля и газа .

Описание механизма физического процесса, в котором использованы исходные характеристики подобные исходным характеристикам внезапного выброса угля и газа, может быть применено для обоснования механизма внезапного выброса угля и газа.

Исходными характеристиками внезапного выброса угля и газа являются:

макропространство (объём полости забоя), заполненное воздухом, давление которого сопоставимо с атмосферным давлением на поверхности земли;

монолит горной породы, состоящий из твёрдой компоненты и полостей микрочаёчек, распределённых в твёрдой компоненте;

поверхность раздела между монолитом горной породы и макропространством;

полости микротрещин, мгновенно возникающие в монолите горной породы;

потоки газа, мгновенно возникающие между полостью микротрещины в монолите горной породы и макропространством;

полости микрочаёчек, заполненные газом (воздухом, метаном и др.) и микроплёнками капиллярно-разобшённой воды и изолированные одна от другой стенками из твёрдой компоненты монолита горной породы и микроплёнками капиллярно-разобшённой воды;

кратковременность массопереноса в монолите горной породы;

мгновенное возникновение изменений на поверхности раздела и в макропространстве;

характерные размеры изменений на поверхности раздела и в макропространстве.

Существует мнение (9) о том, что «Наиболее близким аналогом выброса угля и газа, ..., является вулканизм.»

Согласно определению (13) -«... Вулканизм, совокупность процессов и явлений, связанных с перемещением магмы (вместе с газом и паром) в верхней мантии и земной коре, изменением её в виде лавы или выбросом на поверхность при вулканических извержениях .»

Среди исходных характеристик внезапного выброса угля и газа отсутствует основная характеристика вулканизма - перемещающаяся магма.

Существует аналог, описание механизма которого включает исходные характеристики подобные всем вышеперечисленным исходным характеристикам внезапного выброса угля и газа.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolijis)

*«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ « КРУГИ НА ПОЛЯХ » ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»*

02.09.2007

Таким аналогом механизма внезапного выброса угля и газа, является, описанный в работе (3), механизм физического явления, получившего в России название «круги на полях» (14).

В Англии это физическое явление получило название «stop circles», во Франции - «les agroglyphes», в Германии - «kornkreise».

Основное отличие механизма аналога («круги на полях») от механизма внезапного выброса угля и газа в том, что в механизме внезапного выброса угля и газа макропространство представлено полостью забоя в монолите горной породы (уголь), а в механизме аналога («круги на полях») макропространство представлено атмосферным пространством (земная атмосфера) над поверхностью (поверхность раздела) монолита (земли) горной породы.

7. Источники газа и механизм массообмена при внезапном выбросе угля и газа .

Принимая во внимание упомянутый аналог и всё вышесказанное, можно определить источник газа и механизм массообмена внезапного выброса угля и газа.

Источником газа и механизмом массообмена, которые создают превышение удельного газовыделения при выбросе газа (метана) и угля над удельным газосодержанием угольного пласта, а также образуют механизм возникновения и существования вблизи горной выработки зоны газоистощения и газового барьера, соответственно, являются:

объём газа, заполняющий закрытый микроканал (закрытую сеть микроканалов) в монолите угля, который, при возникновении микропрохода из микроканала в забой (или при разрушении перемычки из газоносного угля между забоем и микротрещиной), мгновенно превращается в полуоткрытый микроканал (полуоткрытую сеть микроканалов);

механизм мгновенного газопереноса (массопереноса) из полости мгновенно возникшего полуоткрытого микроканала в объём, разрушающейся, в том числе, при внезапном выбросе угля и газа, части монолита угля.

Если объём полости закрытого микроканала, мгновенно соединённого микропроходом с полостями в разрушающейся части монолита угля, существенно превышает объём заполненных газом полостей в разрушающейся части монолита угля, то в объём разрушающейся части монолита угля из полости этого микроканала мгновенно устремляется поток газа, суммарный объём которого (в условиях забоя) на порядок превышает объём (в условиях забоя) газа, выделившегося из полостей разрушающейся части монолита угля.

Мгновенный высокоскоростной поток газа, устремляющийся из мгновенно возникшего полуоткрытого микроканала в полость забоя, вырывает и уносит твёрдые микрочастицы из стенок микроканала, проносится сквозь объём разрушающейся части монолита угля, подхватывая и перенося в полость забоя куски и частицы разрушающейся части монолита угля. В результате возникает мгновенный выброс газа и угля в забой.

В целом, при мгновенном выбросе, количество газа (газообразного метана), мгновенно поступившего в полость забоя, из мгновенно образовавшегося полуоткрытого микроканала, может существенно превысить количество газа (метана), который в газообразном состоянии и в состоянии физической адсорбции и хемосорбции содержался в объёме перемещённой в полость забоя разрушенной части монолита угля.

Поэтому, при таком мгновенном выбросе угля и газа величина удельного газовыделения на порядок превысит удельное газосодержание.

В дальнейшем, после мгновенного выброса, в разрушенную часть монолита угля будет поступать газ (газообразный метан), образующийся из метана, содержащегося в состоянии физической адсорбции и в состоянии хемосорбции в стенках упомянутого полуоткрытого микроканала.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolijis)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

Поступление из полуоткрытого микроканала в разрушенную часть монолита угля газа, который образуется из метана, содержащегося в состоянии хемосорбции в стенках упомянутого полуоткрытого микроканала, будет достаточно длительным процессом.

Если разрушение части монолита угля при продвижении забоя не сопровождается образованием микропрохода между забоем и закрытым микроканалом, расположенным в неразрушенной части монолита угля, то при последующем (после упомянутого разрушения) возникновении такого микропрохода газ, заполнявший полость этого микроканала, через микропроход устремится в забой. При этом поток газа перемещает в полость забоя только твёрдые микрочастицы вырванные потоком из стенок микроканала и не перемещает сколь-либо существенное количество разрушенного угля.

8. Система уравнений, описывающая размер и конфигурацию закрытого и полуоткрытого микроканалов в монолите угля .

Механика образования микроканалов и сетей микроканалов (каналов), мгновенный массоперенос газа в полостях микроканалов и сетей микроканалов в горной породе (мел) описаны в работе (3).

В указанной работе (3) сформулирована система уравнений, описывающих одномерные траектории пробоя, распространение которого в микроструктуре с упорядоченным распределением полостей микроячеек создает микроканал (канал) в монолите горной породы.

Частично упорядоченное распределение в микроструктуре монолита угля множества полостей микроячеек отличает монолит угля от, рассматриваемой в работе (3), горной породы с упорядоченным распределением множества полостей микроячеек.

Частичная упорядоченность распределения в микроструктуре угля множества микроячеек порождает случайные процессы, которые могут быть учтены в упомянутой системе уравнений путём придания случайных свойств величинам φ_i и β_i . Эти величины характеризуют i -ую особую узловую точку траектории пробоя в монолите угля между прямолинейными отрезками R_{ni} и $R_{n(i+1)}$.

Систему уравнений, описывающую одномерную траекторию в микроструктуре с частично упорядоченным распределением полостей микроячеек, отличают от аналогичной системы уравнений, применимой в случае микроструктуры с упорядоченным распределением полостей, случайные величины $(1-2 \cdot \text{RAND}_{\varphi}(i)) \cdot \varphi_{00}(i)$ и $(1-2 \cdot \text{RAND}_{\beta}(i)) \cdot \beta_{00}(i)$.

Принимая во внимание сказанное, можно систему уравнений, описывающих траектории пробоя, создающего микроканал (канал) в монолите угля, записать в виде:

$$\nu_s = \text{Int}[(1-1/\zeta)^s \cdot (N_{zm}/\zeta)], \text{ где } \zeta > 1, z \leq s, s = 0, 1, 2, 3, \dots, N_{zm} \leq N_{01};$$

$$R_{\nu_s} = (D_f) \cdot [(\nu_s/\varphi_f)^{1/3}];$$

$$X_{(s+1)} = X_s + (-1)^s \cdot R_{\nu_s} \cdot \cos(\varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_s) \cdot \cos(\beta_s);$$

$$Y_{(s+1)} = Y_s + (-1)^s \cdot R_{\nu_s} \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_s) \cdot \cos(\beta_s);$$

$$Z_{(s+1)} = Z_s + \sum_{i=0}^s 3R_{\nu_i} \cdot \sin(\beta_i);$$

$$n_i = \sum_{s=0}^i \nu_s;$$

$$N_h^* \leq (N_{zm} - n_i) < 2 \cdot N_h^* ;$$

где

$$(X_{(s+1)})^2 + (Y_{(s+1)})^2 \geq (r_0)^2 \text{ при } Z_{(s+1)} \leq (-h_0) ;$$

$$(X_{(s+1)})^2 + (Y_{(s+1)})^2 \geq (\rho_0)^2 \text{ при } (-Z_0) \leq Z_{(s+1)} \leq (Z_0) ;$$

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolij)s

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

$$\Phi_i = \Phi_{00}(i) \cdot \chi_{\Phi i}, \quad (i=1,2,3, \dots, s);$$

$\text{Int}[(1-1/\zeta)^s \cdot (N_{zm}/\zeta)]$ – означает округление числа $[(1-1/\zeta)^s \cdot (N_{zm}/\zeta)]$ с недостатком до ближайшего целого числа;

$\text{RAND}(i)$ – i -я, равномерно распределённая в интервале $[0,1]$, случайная величина;

$$\beta_i = \beta_{00}(i) \cdot \chi_{\beta i}, \quad (i=1,2,3, \dots, s);$$

$$\chi_{\Phi i} = \begin{cases} 1, & \text{в случае упорядоченного распределения множества полостей микроячеек в} \\ & \text{монолите горной породы;} \\ (1-2 \cdot \text{RAND}_{\Phi}(i)), & (i=1,2,3, \dots, s), \text{ в случае частично упорядоченного} \\ & \text{распределения множества полостей микроячеек} \\ & \text{в монолите горной породы (уголь).} \end{cases}$$

$$\chi_{\beta i} = \begin{cases} 1, & \text{в случае упорядоченного распределения множества полостей микроячеек в} \\ & \text{монолите горной породы;} \\ (1-2 \cdot \text{RAND}_{\beta}(i)), & (i=1,2,3, \dots, s), \text{ в случае частично упорядоченного} \\ & \text{распределения множества полостей микроячеек} \\ & \text{в монолите горной породы (уголь).} \end{cases}$$

$\Phi_f = \Phi - \Phi_T$ – пористость монолита угля (отношение объёма порового пространства монолита угля к объёму всего монолита угля);

D_f – средний размер микроячеек в монолите угля;

$\text{RAND}_{\beta}(i)$ – i -я, равномерно распределённая в интервале $[0,1]$, случайная величина;

N_{zm} – потенциал (натуральное число или нуль) i -ой узловой точки траектории пробоя, z -номер цикла, при котором пробой распространяется на i -ую микроячейку, центр которой совпадает с i -ой узловой точкой, m - номер i -ой микроячейки в z -ом цикле (для одномерной траектории $z=0$);

N_h^* – пороговое значение (натуральное число или нуль) потенциала, такое, что при величине потенциала (N_{zm}) меньшей, чем указанное пороговое значение, распространение пробоя из микроячейки, характеризуемой потенциалом (N_{zm}), невозможно и микропроход из указанной микроячейки в соседнюю микроячейку не возникает;

X_0, Y_0, Z_0 – декартовы ортогональные координаты начальной особой узловой точки, рассматриваемого одномерного участка траектории пробоя, в монолите угля;

$X_{(s+1)}, Y_{(s+1)}, Z_{(s+1)}$ – декартовы ортогональные координаты $(s+1)$ -ой особой узловой точки траектории пробоя в монолите угля;

r_0 – радиус забоя;

$(-h_0)$ – координата передней поверхности (границы) забоя по оси Z ;

ρ_0 – радиус микротрещины;

$(z_0), (-z_0)$ – наибольшая и наименьшая координаты поверхности (границы) микротрещины на оси Z .

Система уравнений позволяет определить неизвестные функции $X_{(s+1)}, Y_{(s+1)}, Z_{(s+1)}$.

В системе уравнений независимыми параметрами являются:

$$\zeta, N_{zm}, D_f, \Phi_f, X_0, Y_0, Z_0, \Phi_0, \Phi_{00}(i), \beta_0, \beta_{00}(i), r_0, h_0, \rho_0, N_h^*.$$

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolij)s)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

Решение указанной системы уравнений позволяет определить размер и конфигурацию траекторий пробоя в монолите угля, описывающих свойства закрытого и полуоткрытого микроканалов, и тем самым оценить величину объёма газа в полостях микроканалов, который способен создать: превышение удельного газовыделения при выбросе газа (метана) и угля над удельным газосодержанием угольного пласта;

зоны газоистощения и газовый барьер вблизи горной выработки.

Параметры \mathbf{r}_0 , \mathbf{h}_0 характеризуют расположение и размеры забоя в угольном пласте.

Параметры \mathbf{x}_0 , \mathbf{y}_0 , \mathbf{z}_0 являются координатами точки (исходной микроячейки) на поверхности исходной микротрещины.

Параметры φ_0 , β_0 равны координатным углам в исходной точке с координатами \mathbf{x}_0 , \mathbf{y}_0 , \mathbf{z}_0 .

Параметры ζ , D_f , φ_f , N_h^* , $\varphi_{00}(\mathbf{i})$, $\beta_{00}(\mathbf{i})$ характеризуют свойства газоносного монолита угля.

Потенциал N_{zm} характеризует свойство мгновенно образующейся исходной микротрещины создать микроканал в монолите угля. Потенциал N_{zm} является функцией величины и скорости изменения механических напряжений в монолите угля, которые разрывают его гетерогенную микроструктуру создавая исходную микротрещину.

Наложение внешних механических воздействий на горное давление вблизи забоя или разрушение твёрдой компоненты в локальном объёме монолита угля вблизи забоя вызывает быстрое изменение механических напряжений в монолите угля в окрестности забоя.

Внешние механические воздействия, включая ручные, буровзрывные или механизированные способы разработки угольного пласта, мгновенно – за малые промежутки времени – изменяют установившиеся в монолите угля механические напряжения, вызывая разрушение призабойной части угля.

Ускорение продвижения забоя путём увеличения скорости и величины силового воздействия на пласт угля при указанных способах разработки, способствует возрастанию величины потенциала N_{zm} .

Если при разрушении призабойной части монолита угля ручным, буровзрывным или механизированным способами, величина потенциала N_{zm} равна или больше порогового значения потенциала N_h^* , то в монолите угля возникают полуоткрытые или заполненные газом закрытые микроканалы.

Увеличение потенциала N_{zm} – необходимое условие увеличения объёма полости заполненного газом закрытого микроканала в монолите угля.

Мгновенно возникающие микропроходы из закрытого микроканала в полость забоя превращают заполненный газом закрытый микроканал в полуоткрытый микроканал, из которого в полость забоя поступает тем больший объём газа чем больше объём полости закрытого микроканала.

Величина порогового значения потенциала N_h^* является характеристикой, отличающей монолиты угля, в которых вероятен выброс угля и газа, от монолитов, в которых выброс маловероятен.

Чем больше величина порогового значения потенциала N_h^* в монолите угля, тем меньше, при прочих равных внешних условиях (N_{zm}), полость заполненного газом закрытого микроканала в монолите угля, и тем менее вероятен мгновенный выброс газа и угля в этом монолите.

Пороговое значение потенциала N_h^* в монолите угля является функцией таких микроструктурных свойств монолита, как характерный поперечный размер микрообъёма микроплёнки капиллярно-разобъёмной воды, разделяющей полости соседних микроячеек, и характерной величины указанного микрообъёма.

9. Изображения закрытого и полуоткрытого микроканалов в монолите угля перед забоем .

Вышеупомянутая система уравнений, описывающих траектории пробоя, использована в настоящей работе при численных расчётах размеров и конфигурации закрытых и полуоткрытых микроканалов в монолите угля перед забоем.

На рис. **1-10.** показаны, полученные путём численных расчётов, изображения полуоткрытых (рис. **1-7.**) и закрытых (рис. **8-10.**) микроканалов, возникающих при мгновенном образовании микротрещины в монолите угля перед забоем.

Показанные на рис. **8-10.**, закрытые микроканалы и соединённые с ними (микропроходами) микротрещины, полости которых заполнены газом (давление газа ~ 40 атм.), образуют заполненные газом карманы (резервуары), отделённые угольной перемычкой от полости забоя.

При разрушении угольной перемычки (рис. **14,15.**) или при пересечении поверхности продвигающегося забоя с закрытым микроканалом (рис. **16-19.**) поток газа из карманов (резервуаров) мгновенно устремляется в полость забоя. При этом масса и давление газа в полости микроканала существенно уменьшаются.

Изображения, показанные на рис. **1-10.**, получены в результате численных расчётов, в которых использованы величины:

$N_{zm} = 9,95 \cdot 10^{21}$ - потенциала, характеризующего свойство мгновенно образующейся микротрещины создавать пробой в монолите угля ;

$N_h^* = 4,98 \cdot 10^{21}$ - порогового значения потенциала, характеризующего свойство монолита угля противостоять пробоям;

$\varphi_f = 0,1$ - пористости монолита угля;

$\varphi_{00}(i) = \pi/3$;

$\beta_{00}(i) = \pi/3$.

Количество микроячеек n_i , в микроканалах (рис. **1-10.**), составило от $2,95 \cdot 10^{19}$ до $4,87 \cdot 10^{21}$.

Согласно изображениям (рис. **1-10.**), объём ($n_i \cdot V_f \cdot P_m / P_n$) газа (метана), в пересчёте на нормальные условия ($P_n = 1$ атм.), в полуоткрытых и закрытых микроканалах составляет (при неизменных величинах N_h^* , N_{zm}) от $4,8 \text{ м}^3$ до $796,8 \text{ м}^3$.

При продвижении забоя в сторону микротрещины полости закрытого микроканала и забоя могут пересекаться.

При пересечении полостей закрытого микроканала и забоя, закрытые, показанные на рис. **8-10,18.**, микроканалы, превращаются в полуоткрытые микроканалы (рис. **13,14,16,17,19.**).

При превращении закрытого микроканала (рис. **8-10.**) в полуоткрытый микроканал (рис. **13-16.**) в полость забоя из полости микроканала перемещается (массоперенос) почти $796,8 \text{ м}^3$ газа (в пересчёте на нормальные условия).

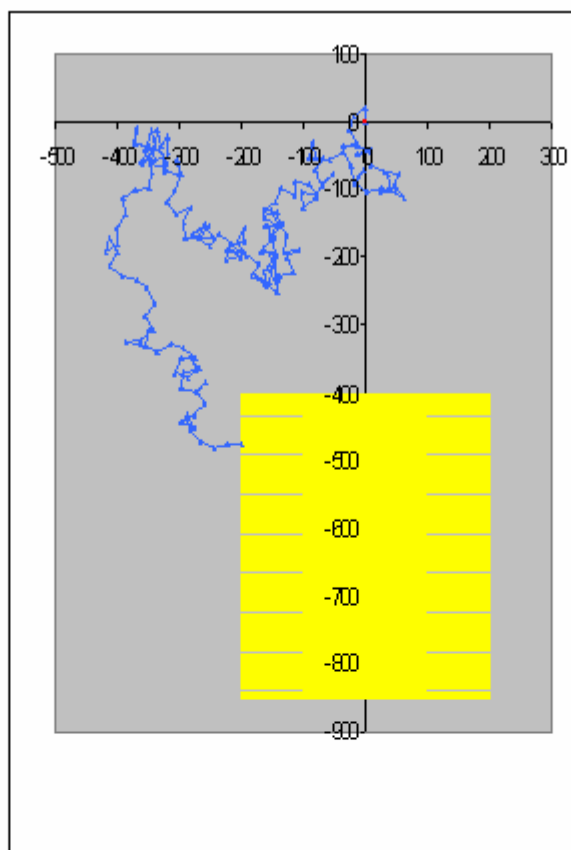


Рис.1.

Микроканал (полуоткрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная,
 $N_h^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{zm} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_1 = 2,95 \cdot 10^{19}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет –микроканал, серый цвет-пласт угля, жёлтый – забой,
 направление продвижения забоя-в сторону микротрещины,
 красная точка –микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijs)

*«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»*

02.09.2007

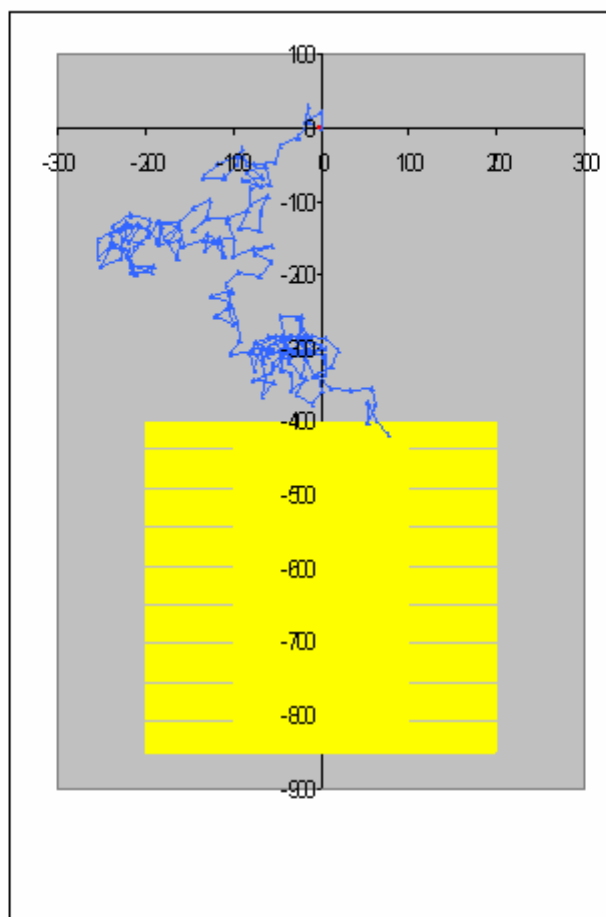


Рис.2.

Микроканал (полуоткрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория – одномерная;
 $N_{\text{д}}^* = 4,98 \cdot 10^{21}$, $N_{\text{см}} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_i = 3,07 \cdot 10^{19}$, $\zeta = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал, серый цвет – пласт угля, жёлтый – забой,
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины;
 красная точка – микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

*«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»*

02.09.2007

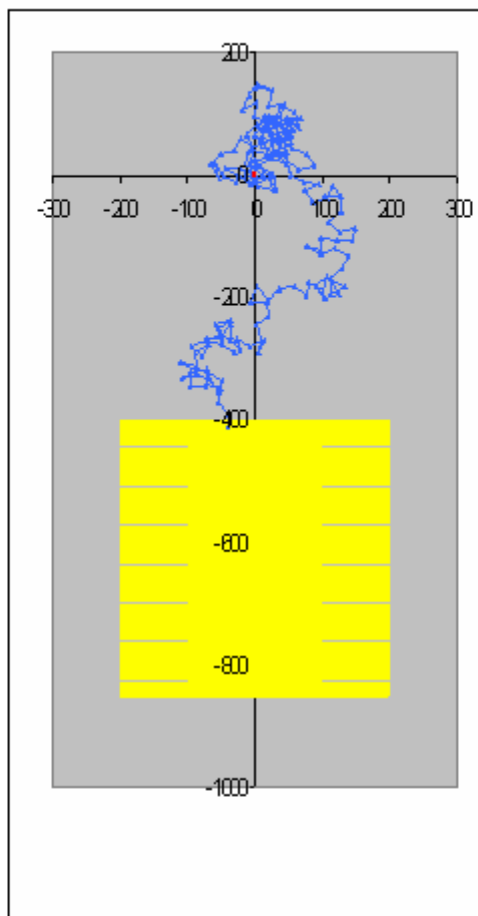


Рис. 3.
Микроканал (полуоткрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная;
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{zm} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_k = 3,12 \cdot 10^{19}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.
 Обозначения: синий цвет – микроканал, серый цвет – пласт угля, жёлтый – забой;
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины;
 красная точка – микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

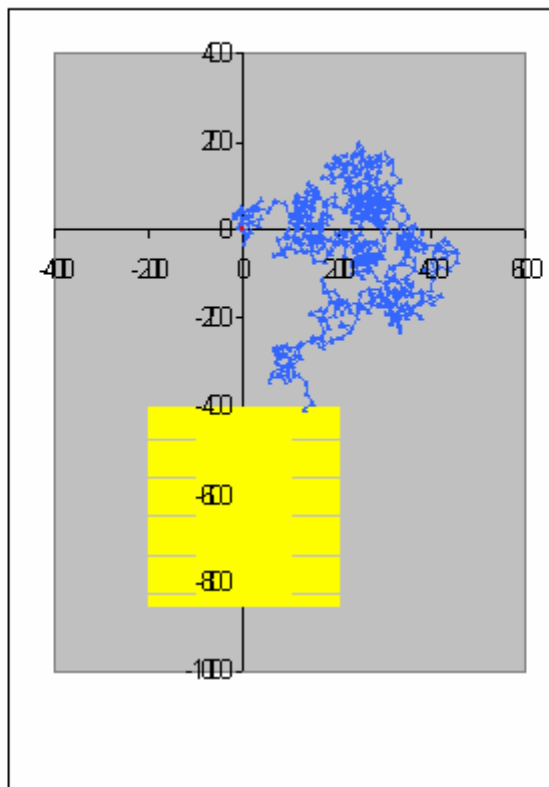


Рис.4.

Микроканал (полуоткрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная,
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$, $N_{\text{см}} = 9,95 \cdot 10^{21}$, $n_t = 9,48 \cdot 10^{19}$, $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал; серый цвет – пласт угля; жёлтый – забой;
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины;
 красная точка – микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

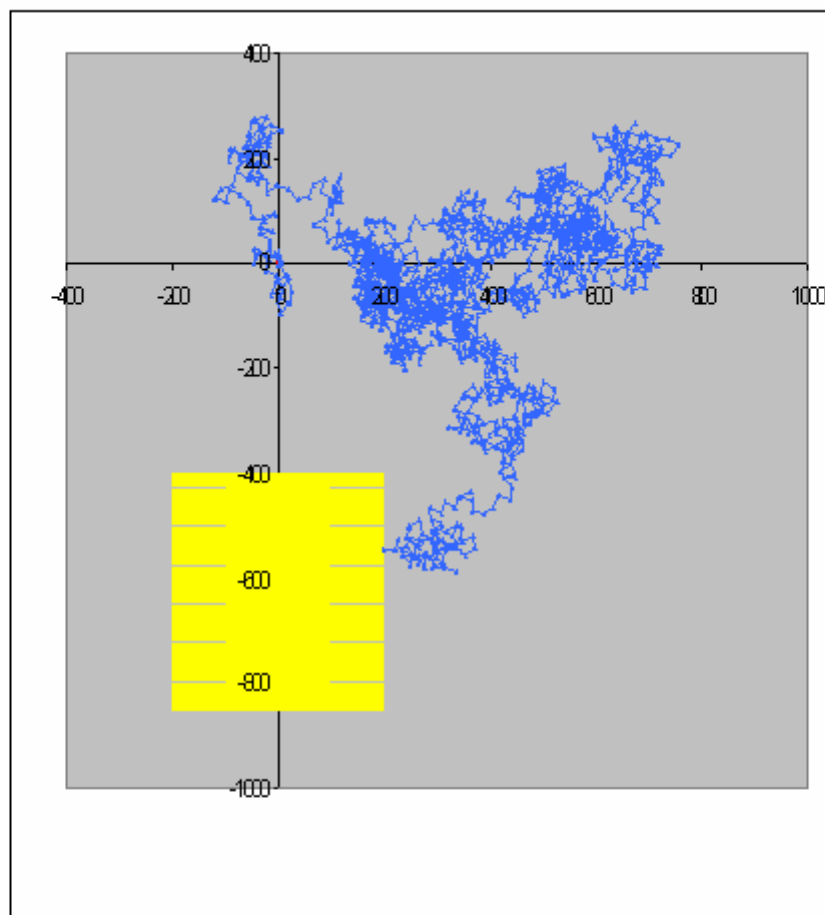


Рис.5.

Микроканал (полуоткрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная,
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$, $N_{sm} = 9,95 \cdot 10^{21}$, $n_f = 2,42 \cdot 10^{20}$, $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал, серый цвет – пласт угля, жёлтый – забой,
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины,
 красная точка – микротрещина, размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijs)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

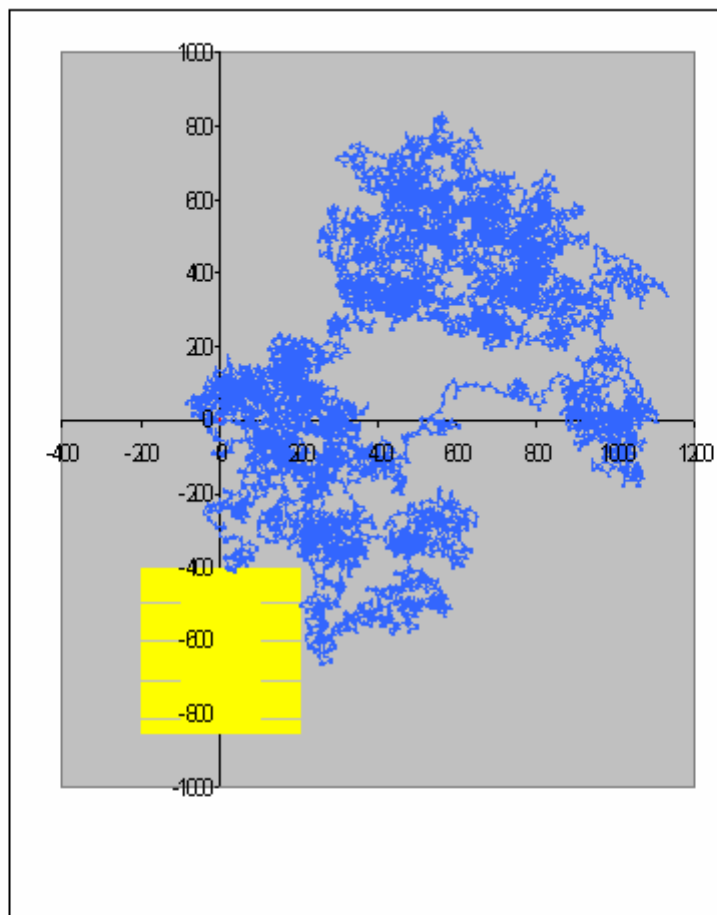


Рис.6.

Микроканал (полуткрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная,
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$, $N_{km}^* = 9,95 \cdot 10^{21}$, $n_t = 8,05 \cdot 10^{20}$, $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет –микроканал; серый цвет-пласт угля; жёлтый – забой;
 направление продвижения забоя-в сторону микротрещины;
 красная точка –микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijs)

*«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ « КРУГИ НА ПОЛЯХ » ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»*

02.09.2007

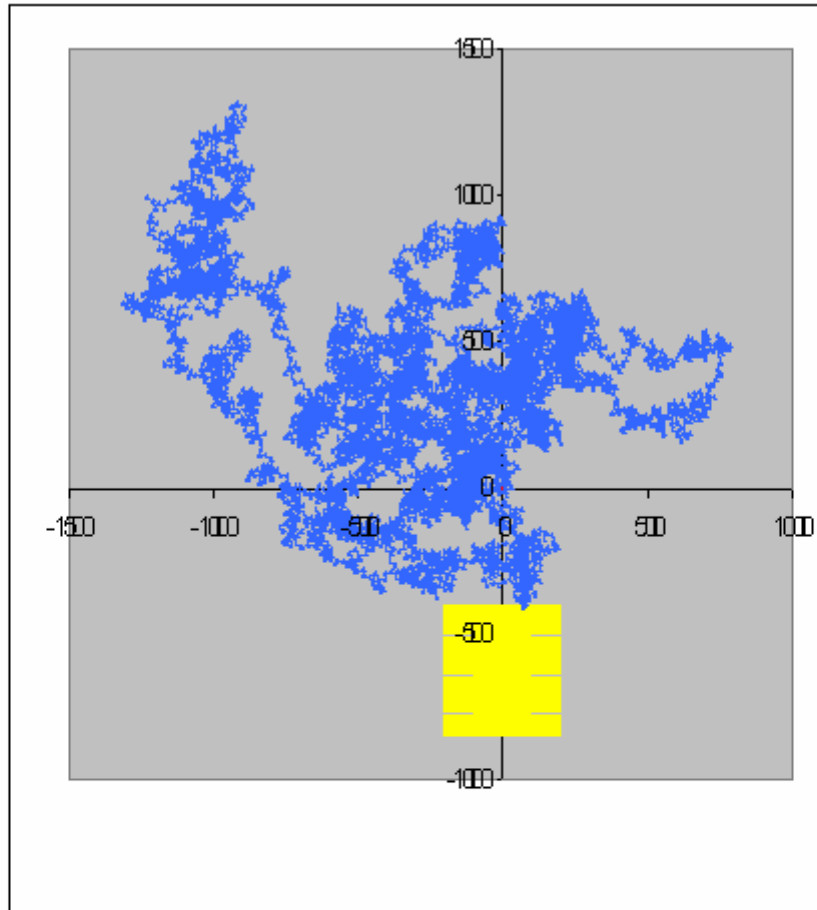


Рис.7.

Микроканал (полуоткрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная;
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{sm} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_k = 1,13 \cdot 10^{21}$; $\zeta = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал, серый цвет – пласт угля, жёлтый – забой;
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины;
 красная точка – микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

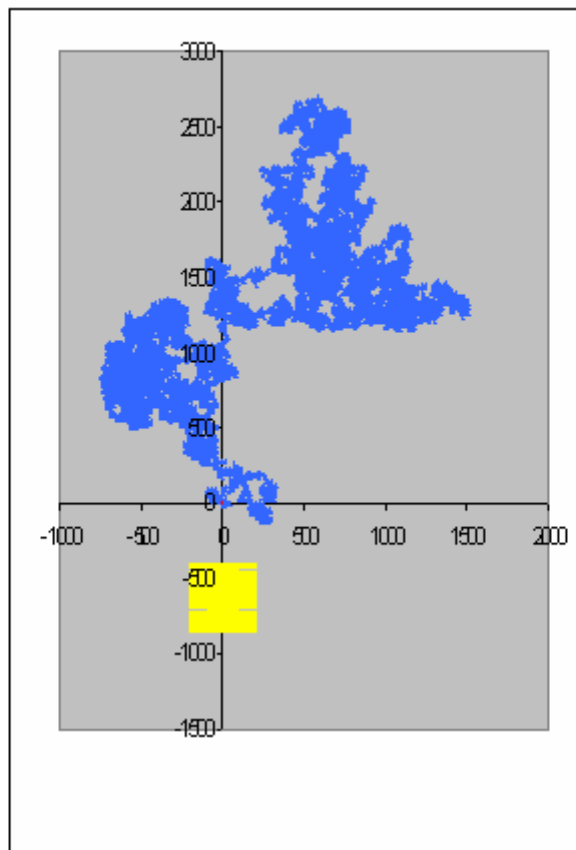


Рис.8.

Микроканал (закрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная,
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{\text{см}} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_k = 4,87 \cdot 10^{21}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал, серый цвет – пласт угля; жёлтый – забой,
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины,
 красная точка – микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijs)

*«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»*

02.09.2007

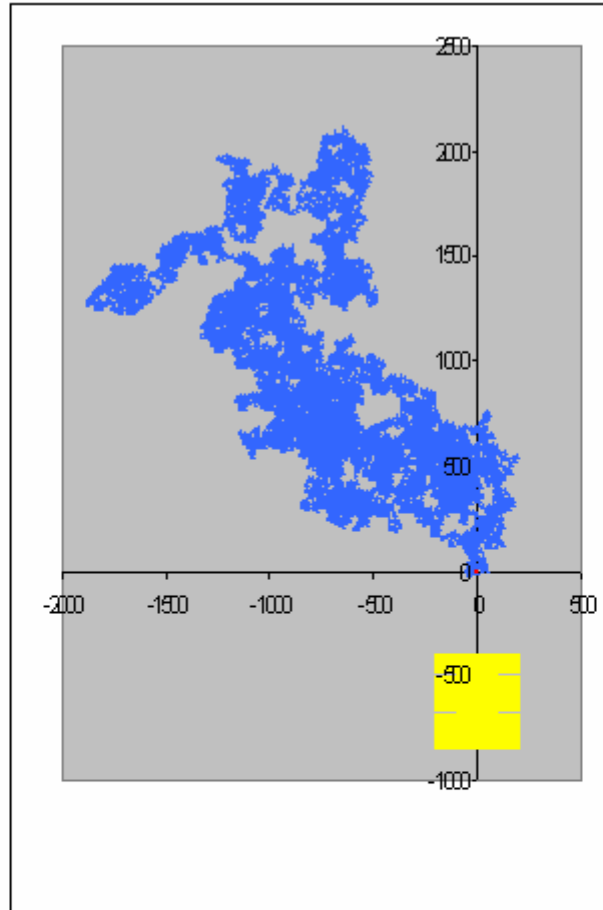


Рис.9.

Микроканал (закрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная;
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{zm} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_k = 4,87 \cdot 10^{21}$; $\zeta = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал, серый цвет – пласт угля, жёлтый – забой;
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины;
 красная точка – микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

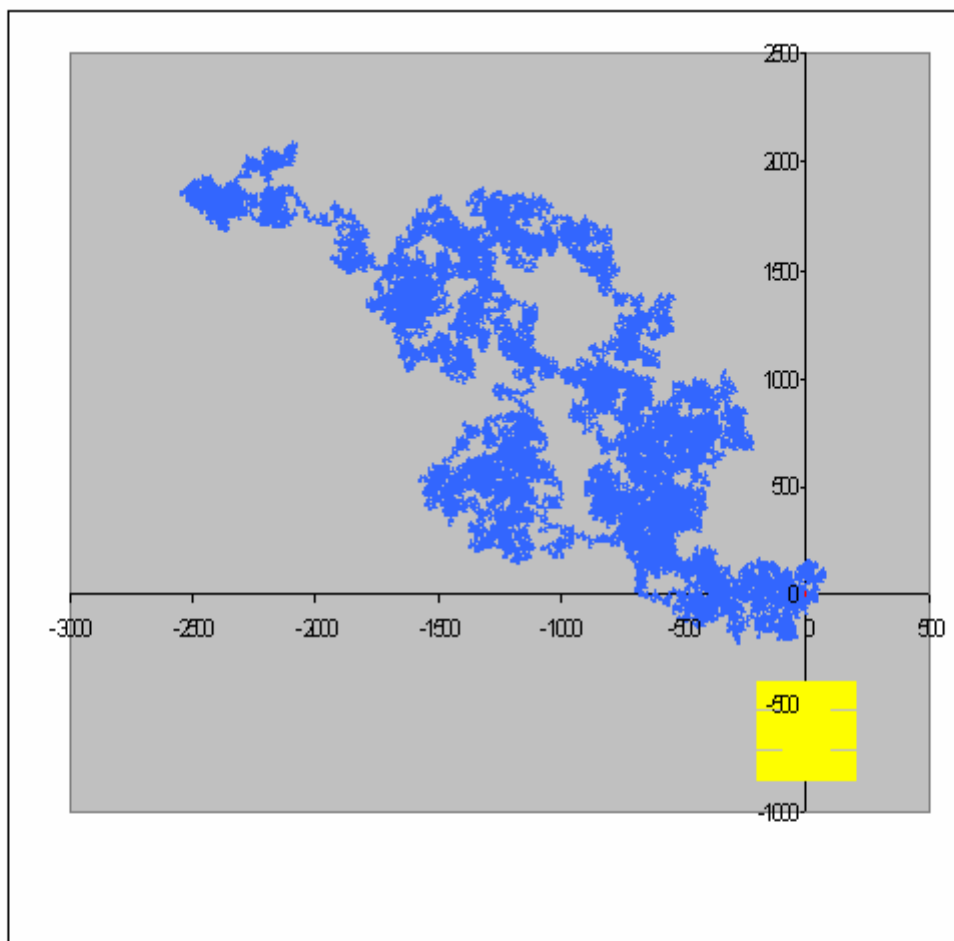


Рис.10.

Микроканал (закрытый), мгновенно образовавшийся в монолите угля при возникновении исходной микротрещины перед забоем.

Параметры микроканала: траектория –одномерная;
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{\text{зм}} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_f = 4,87 \cdot 10^{21}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал; серый цвет – пласт угля; жёлтый – забой;
 направление продвижения забоя – в сторону микротрещины;
 красная точка – микротрещина; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

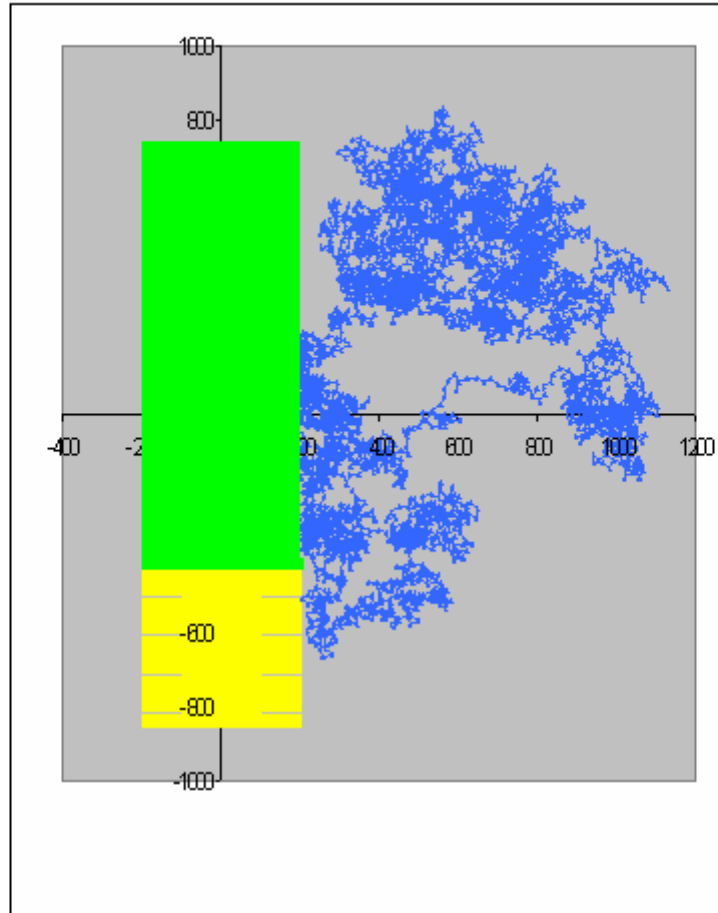


Рис.11.
Зона газонакопления вблизи поверхности продвигающегося забоя,
образованная полостями остатков полукрытого микроканала (Рис.6.),
которые оказались вне забоя.

Параметры микроканала (Рис.6.): траектория –одномерная;
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{\text{см}} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_k = 8,05 \cdot 10^{20}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.
 Обозначения: синий цвет – остатки микроканала (зона газонакопления);
 серый цвет – пласт угля; жёлтый цвет – исходный забой;
 зелёный цвет – приращение забоя при его продвижении;
 размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

*«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»*

02.09.2007

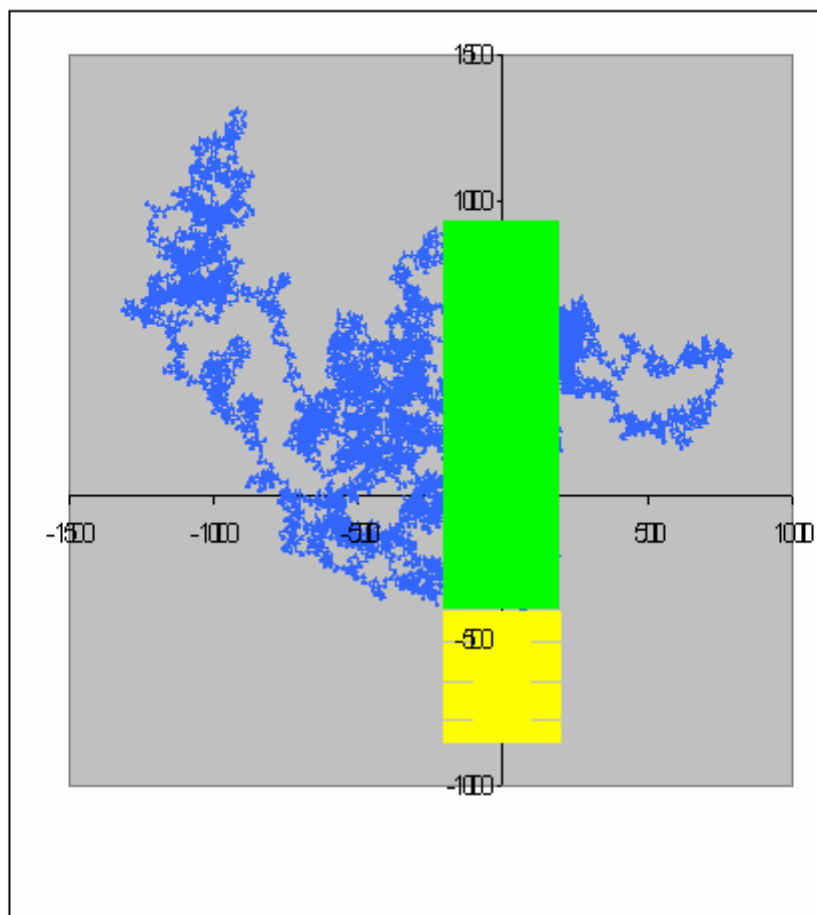


Рис.12.

Зона газонастоения вблизи поверхности продвигающегося забоя, образованная полостями остатков полукрытого микроканала (Рис.7.), которые оказались вне забоя.

Параметры микроканала (Рис.7.): траектория –одномерная;
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{sm} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_k = 1,13 \cdot 10^{21}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – остатки микроканала (зона газонастоения);
 серый цвет – пласт угля; жёлтый цвет – исходный забой;
 зелёный цвет – приращение забоя при его продвижении;
 размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

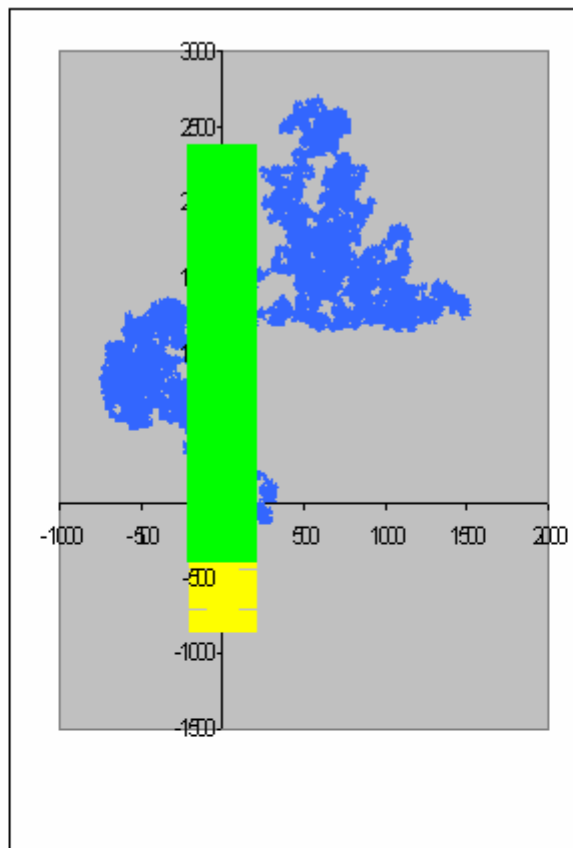


Рис.13.

Зона газобогащения вблизи поверхности продвигавшегося забоя, образованная полостями остатков закрытого микроканала (Рис.8.), которые оказались вне забоя.

Параметры микроканала (Рис.8.): траектория –одномерная;
 $N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{km} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_t = 4,87 \cdot 10^{21}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – остатки микроканала (зона газобогащения);
 серый цвет – пласт угля; жёлтый цвет – исходный забой;
 зелёный цвет – приращение забоя при его продвижении;
 размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ,
 ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

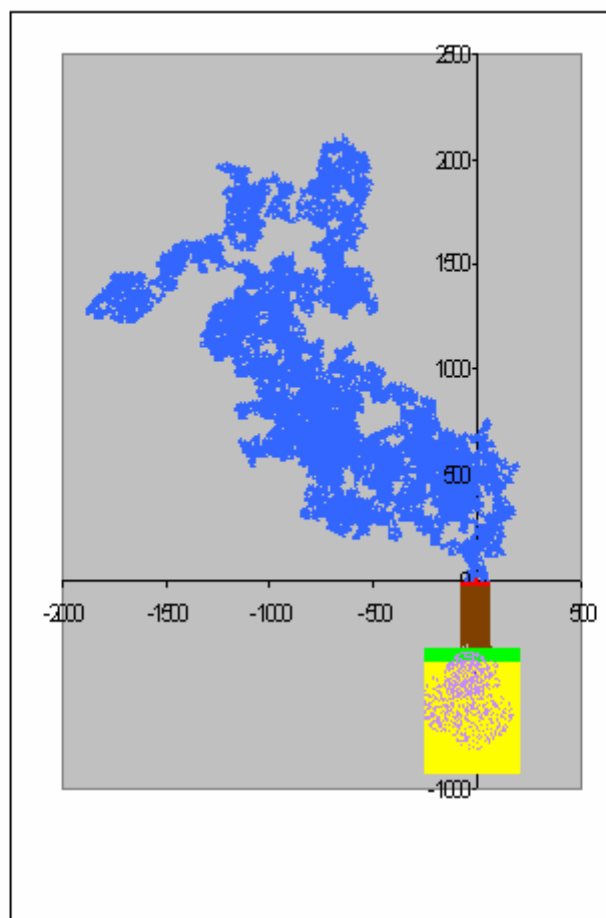


Рис.14.

Разрушение угольной перемычки (между микротрещиной и поверхностью забоя) и превращение закрытого микроканала (Рис.9.) в полукрытый, порождающие выброс угля и газа в полость забоя.

Параметры микроканала (Рис.9): траектория –одномерная,
 $N_{\text{д}}^* = 4,98 \cdot 10^{21}$; $N_{\text{зм}} = 9,95 \cdot 10^{21}$; $n_{\text{д}} = 4,87 \cdot 10^{21}$; $\xi = 6,09 \cdot 10^4$.

Обозначения: синий цвет – микроканал, серый цвет – пласт угля, жёлтый цвет – исходное положение забоя, направление продвижения забоя – в сторону микротрещины;

красная прослойка – растущая микротрещина, зелёная прослойка – приращение забоя при его продвижении; коричневый цвет – полость разрушения в угольной перемычке; фиолетовые точки в забое – куски и частицы разрушенного угля, выброшенные газовым потоком в забой; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

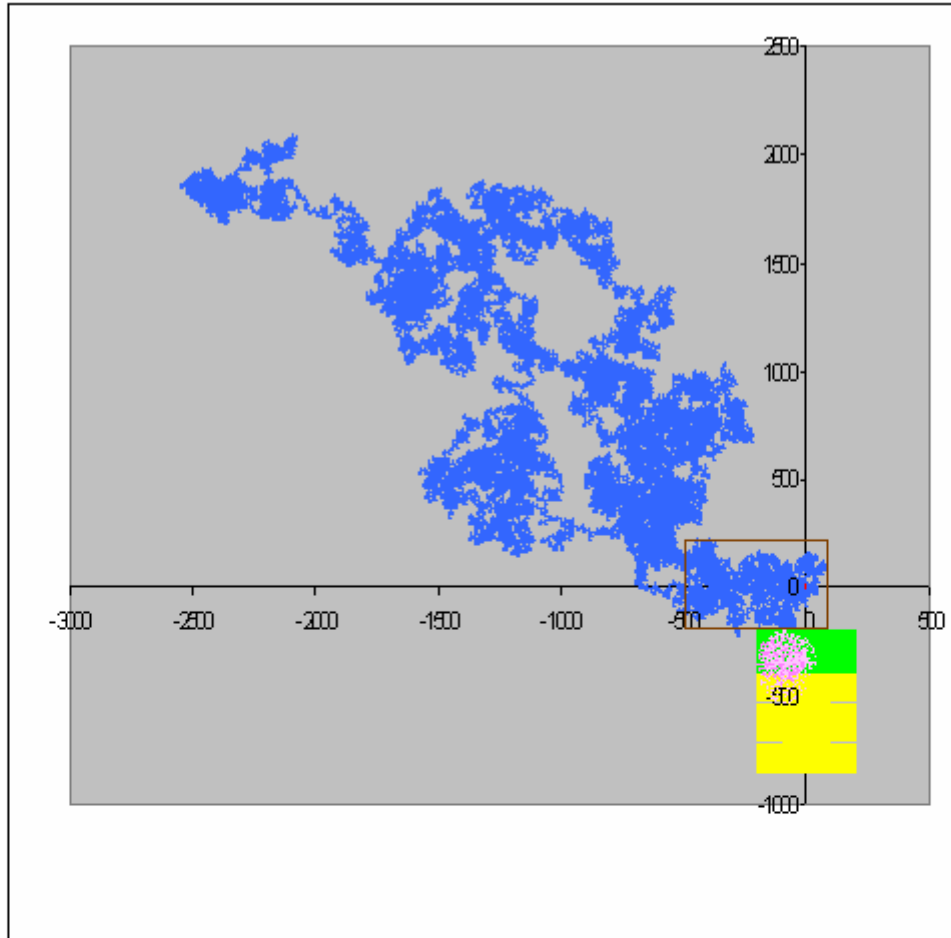


Рис.16.

Пересечение полостей закрытого микроканала (Рис.10.) и (продвигающегося) забоя, при котором закрытый микроканал превращается в полукрытый, и при котором происходит выброс газа и микрочастиц твёрдой компоненты угля (вырванных газовым потоком из стенок микроканала) в полость забоя, падает давление газа в полости микроканала и может происходить частичное (или полное) разрушение твёрдой компоненты угля в микроканале.

Параметры микроканала (Рис.10.): траектория –одномерная,

$$N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}, N_{\text{см}} = 9,95 \cdot 10^{21}, n_k = 4,87 \cdot 10^{21}, \xi = 6,09 \cdot 10^4.$$

Обозначения: синий цвет – микроканал; серый цвет – пласт угля; жёлтый цвет – исходное положение забоя; направление продвижения забоя – в сторону микротрещины; красная точка – микротрещина; зелёная прослойка – приращение полости продвигающегося забоя; коричневая линия – внешняя граница области, в которой возможно частичное разрушение твёрдой компоненты угля стенок микроканала; фиолетовые точки в забое – микрочастицы угля из стенок микроканала, перемещённые газовым потоком в забой; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovnik Anatolij)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

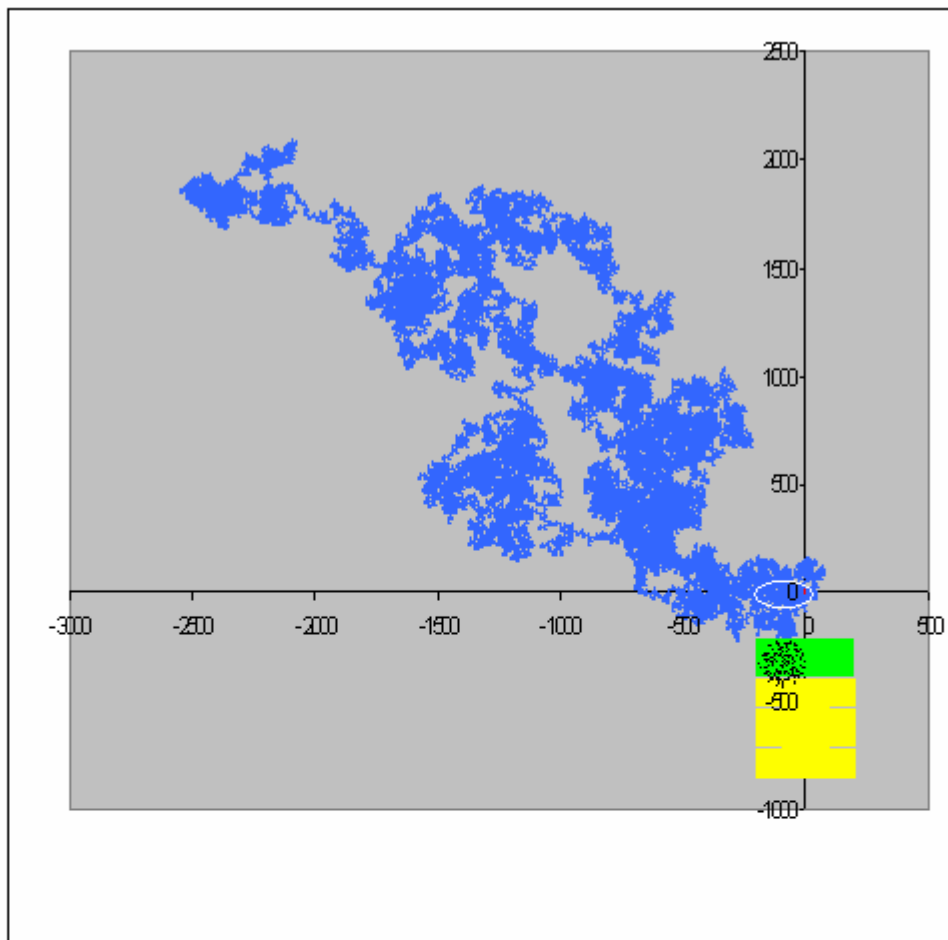


Рис.17.

Объём, в котором может разрушиться твёрдая компонента угля в стенках полуоткрытого микроканала из-за падения давления газа в полости микроканала, вызванного выбросом (рис.16.) из полости микроканала в полость забоя газа и твёрдых (вырванных газовым потоком из стенок микроканала) микрочастиц угля.

Параметры микроканала (Рис.10.) : траектория –одномерная,

$$N_k^* = 4,98 \cdot 10^{21}, N_{sm} = 9,95 \cdot 10^{21}, n_k = 4,87 \cdot 10^{21}, \xi = 6,09 \cdot 10^4.$$

Обозначения: синий цвет – микроканал; серый цвет – пласт угля; жёлтый цвет – исходное положение забоя; красная точка – исходная микротрещина; зелёная прослойка – приращение полости продвигающегося забоя; белая линия – внешняя граница объёма твёрдой компоненты угля, которая может разрушиться после выброса газа в полость забоя; чёрные точки в забое – микрочастицы угля, вырванные газовым потоком из твёрдых стенок микроканала и перенесённые газовым потоком в забой; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnika Natalja · Solodovniks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

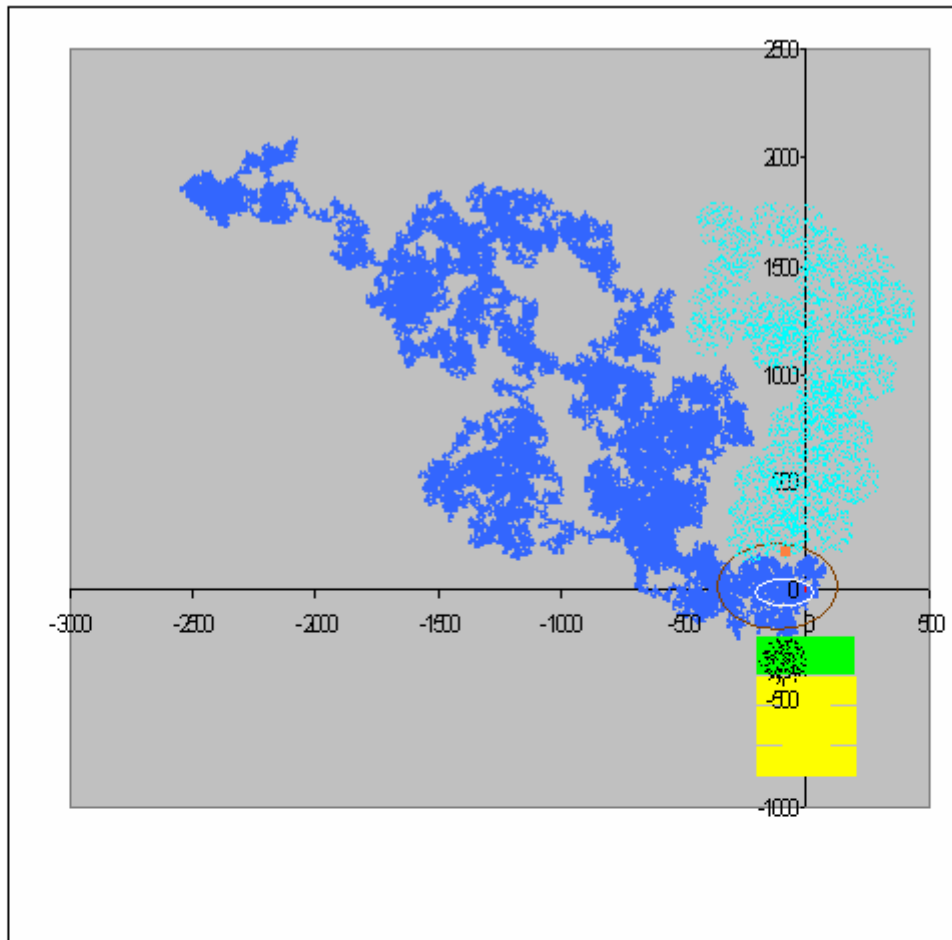


Рис.18.

Возникновение новой растущей микротрещины и нового микроканала, вызванное частичным разрушением твёрдой компоненты угля в стенках полукрытого микроканала (рис.17.).

Обозначения: синий цвет – полукрытый микроканал; серый цвет – пласт угля; жёлтый цвет – исходное положение забоя; красная точка – исходная микротрещина; зелёная прослойка – приращение полости продвигающегося забоя; белая линия – внешняя граница объёма, в котором разрушилась твёрдая компонента угля (после выброса газа в полость забоя из полости полукрытого микроканала); коричневая линия – область, содержащая участки неразрушенного угля, в котором возникла новая микротрещина; оранжевая точка (вблизи верхнего участка коричневой линии) – новая микротрещина, возникшая вблизи области разрушения твёрдой компоненты; голубые точки – новый закрытый микроканал, который порождён новой микротрещиной; чёрные точки в забое – микрочастицы угля, вырванные из твёрдых стенок полукрытого микроканала и перенесённые газовым потоком в забой; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

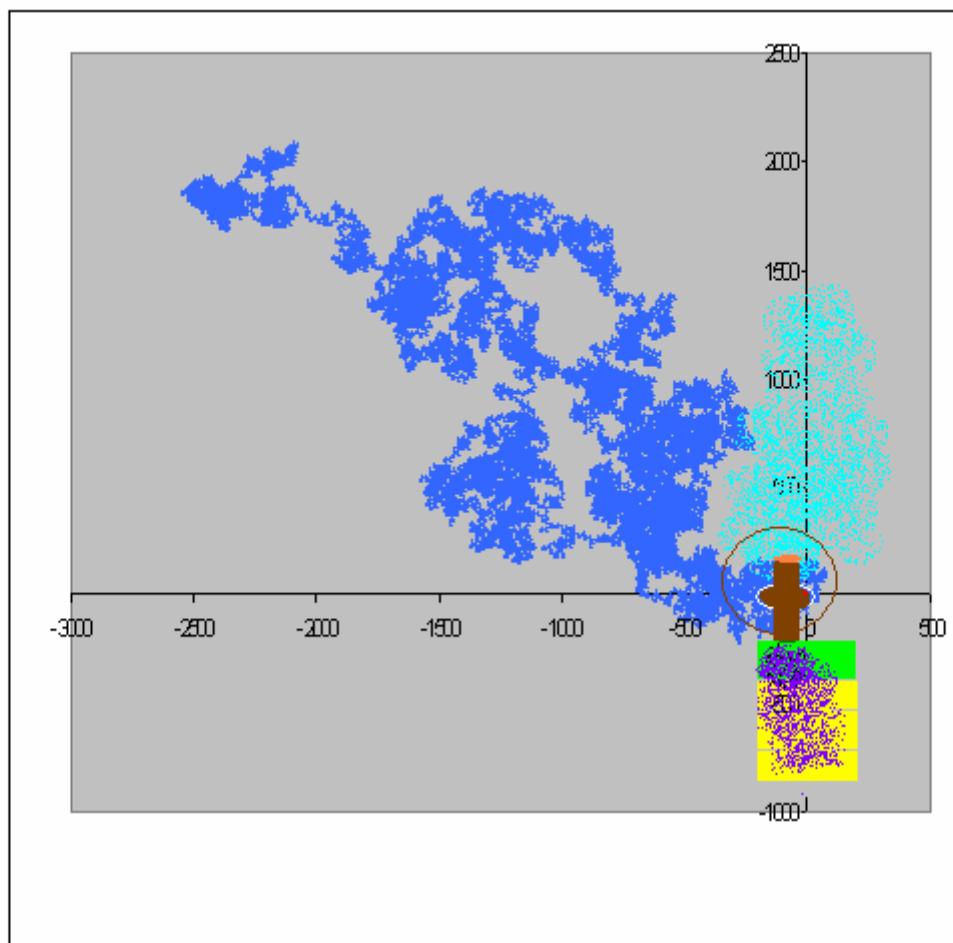


Рис.19.

Разрушение угольной перемычки (между полостью новой растущей микротрещины (рис.18.) и полостью забоя) и выброс угля и газа в полость забоя.

Обозначения: синий цвет – полуоткрытый микроканал, серый цвет- пласт угля; жёлтый цвет – исходное положение забоя; красная точка – исходная микротрещина; зелёная прослойка-приращение полости продвигающегося забоя; белая линия – внешняя граница объёма твёрдой компоненты угля, разрушающейся после выброса газа в полость забоя из полости полуоткрытого микроканала; коричневая линия – область угля, в которой разрушение (в области ограниченной белой линией) твёрдой компоненты угля способствует возникновению новых микротрещины и закрытого микроканала; оранжевая полоса вблизи коричневой линии – новая растущая микротрещина; голубой цвет – новый закрытый микроканал; коричневая вертикальная полоса – разрушающаяся часть угольной перемычки между полостью новой растущей микротрещины и полостью забоя; чёрные точки в забое – микрочастицы угля, вырванные газовым потоком из твёрдых стенок микроканала и выброшенные газовым потоком в забой; малиновые точки в забое – куски и частицы угля из разрушенной перемычки, перенесённые газовым потоком (из полостей новых микроканала и микротрещины) в полость забоя; размерность на осях координат – см.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

Толщина угольной перемычки между микротрещиной и забоем при продвижении забоя в сторону микротрещины непрерывно уменьшается вплоть до толщины, при которой разность давлений газа в полости микротрещины (40 атм.) и в полости забоя (1 атм.) разрушит угольную перемычку (рис. 14, 15.).

При разрушении угольной перемычки закрытые микроканалы, соединённые микропроходами с микротрещиной, превращаются в полуоткрытые микроканалы.

Поток газа из полостей этих микроканалов мгновенно устремляется в полость забоя.

Давление газа в полости полуоткрытого микроканала уменьшается (от ~40 атм. до ~1 атм.). При этом возможно разрушение твёрдой компоненты стенок микроканала.

Мгновенно возникший поток газа вырывает и перемещает в полость забоя твёрдые частицы угля из твёрдых стенок микроканала и куски угля из разрушающейся угольной перемычки.

Возникает мгновенный выброс газа и угля в забой.

Выброс газа из полости полуоткрытого микроканала в полость забоя уменьшает в полости полуоткрытого микроканала массу и давление газа (с ~40 атм. до ~1 атм.). При этом возможно разрушение твёрдой компоненты стенок микроканала.

На рис. 14-15, 19. показано разрушение угольной перемычки, имеющей (рис. 14, 15.) толщину $TE=200$ см.. Разность давлений газа в микротрещине и в забое перед разрушением составляет 40 атм..

В момент времени, когда диаметр WV развивающейся микротрещины, рис. 15., увеличивается до 90 см., напряжение сдвига вдоль цилиндрической поверхности WVCD в объёме угольной перемычки достигает величины равной прочности угля на сдвиг (~0,45 МПа.). При этом угольная перемычка разрушается. В процессе разрушения мгновенно возникший поток газа из микроканала увеличивает диаметр (от WV до АВ) разрушения верхней части перемычки и выносит в забой разрушенный уголь (до 1,9 т.). Суммарное количество газа, поступившее в забой из микроканала и из угля разрушенной перемычки, превышает 800 м^3 ($\approx 796,8 \text{ м}^3 + 1,9 \text{ т} \cdot 40 \text{ м}^3/\text{т}$).

При мгновенном выбросе газа ($>800 \text{ м}^3$) и угля (1,9 т.) в забой, показанном на рис. 14., удельное газовыделение в забой превышает $420 \text{ м}^3/\text{т}$, что на порядок превышает величину удельного газосодержания ($40 \text{ м}^3/\text{т}$) в газоносном угле.

Поступление газа из полуоткрытого (рис. 1-7.) микроканала в забой происходит без перемещения кусков угля в забой.

Если при продвижении забоя поверхность забоя пересекает закрытые микроканалы, показанные на рис. 8-10., прежде чем разрушится угольная перемычка между полостями микротрещины и забоя, то в забой из полости образовавшегося полуоткрытого микроканала (рис. 13,16.) поступает $796,8 \text{ м}^3$ газа.

При перемещении $796,8 \text{ м}^3$ газа из полости полуоткрытого микроканала в забой уменьшение в ближайшей окрестности забоя удельного газосодержания в локальном объёме монолита угля вблизи поверхности забоя достигает 10%.

В результате подобного уменьшения удельного газосодержания в угле вблизи забоя (горной выработки) возникают зоны газоистощения (рис. 11-13.).

10. Разрушение локального объём монолита угля с образованием порошкообразного угля, называемого "бешеной мукой".

Если при продвижении к микротрещине забой пересекает закрытый микроканал (рис. 16.) или при продвижении забоя разрушается угольная перемычка между забоем и микротрещиной (рис. 14,15,19.) или происходит и первое и второе, то закрытый микроканал (рис. 9,10,18.) превращается в полуоткрытый микроканал (рис. 14,16,19.), из которого газ поступает в забой.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

При этом давление газа в полуоткрытом микроканале существенно падает вплоть до давления газа в забое.

Локальный объём монолита угля можно рассматривать как квазиизотропное пористое упругое тело со случайным распределением пор, микроканалов и микротрещин, деформирующееся с изменением объёма, но без изменения формы.

Квазиизотропное пористое упругое тело состоит из твёрдой и газовой компонент. Газовая компонента (газ) заполняет поровое пространство монолита угля.

В локальном объёме монолита угля, поровое пространство которого состоит только из закрытого порового пространства, тензор полного напряжения σ_{ij} описывается соотношением

$$\sigma_{ij} = \psi^T \cdot \sigma^T_{ij} - \psi^Z \cdot P^Z \cdot \delta_{ij};$$

где

$$\sigma^T_{ij} = -P^T \cdot \delta_{ij};$$

$$P^T = P^Z;$$

$$\psi^T + \psi^Z = 1;$$

ψ^T - отношение объёма твёрдой компоненты монолита угля к объёму монолита угля;

ψ^Z -замкнутая пористость монолита угля (отношение объёма закрытого порового пространства монолита угля к объёму монолита угля);

σ^T_{ij} - среднее напряжение в твёрдой компоненте монолита угля;

P^T - среднее давление в твёрдой компоненте монолита угля;

P^Z - среднее давление газа в закрытом поровом пространстве монолита угля;

δ_{ij} - единичный тензор.

Из этого соотношения следует, что в локальном объёме монолита угля, поровое пространство которого состоит только из закрытого порового пространства, тензор полного напряжения σ_{ij} равен ($-P^Z \cdot \delta_{ij}$).

При малом (относительно размеров монолита угля) перемещении забоя, в локальной области монолита угля практически не меняются тензор полного напряжения σ_{ij} в монолите угля, среднее давление P^T в твёрдой компоненте монолита угля, среднее давление газа P^Z в закрытом поровом пространстве монолита угля.

Если при малом перемещении забой пересекает закрытый микроканал (рис. 16.) или при малом перемещении забоя разрушается угольная перемычка между микротрещиной и забоем, то закрытый микроканал превращается в полуоткрытый микроканал, из которого газ поступает в забой.

При этом давление газа в образовавшемся полуоткрытом микроканале падает до давления газа P^0 , величина которого равна величине давления газа в забое.

При превращении закрытого микроканала в полуоткрытый в локальном объёме монолита угля часть закрытого порового пространства превратится в полуоткрытое поровое пространство локального объёма монолита угля.

При этом, тензор полного напряжения σ_{ij} будет описываться соотношением:

$$\sigma_{ij} = \psi^T \cdot \sigma^T_{ij} - \psi_1^Z \cdot P^Z \cdot \delta_{ij} - \psi^0 \cdot P^0 \cdot \delta_{ij};$$

где

$$\psi_1^Z = \psi^Z - \psi^0;$$

$$\psi^Z \geq \psi^0;$$

ψ^0 -полуоткрытая пористость монолита угля (отношение объёма полуоткрытого порового пространства монолита угля к объёму монолита угля);

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolijis)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

P^0 - среднее давление газа в полуоткрытом поровом пространстве монолита угля.

Учитывая, согласно вышесказанному, что $\sigma_{ij} = -P^Z \cdot \delta_{ij}$ можно, при наличии закрытого порового пространства и полуоткрытого порового пространства в локальном объёме монолита угля, записать:

$$\sigma_{ij}^T = [-P^Z + (\psi^0 / \psi^T) \cdot (P^0 - P^Z)] \cdot \delta_{ij};$$

$$P^T = [P^Z + (\psi^0 / \psi^T) \cdot (P^Z - P^0)];$$

где $P^Z > P^0$.

Из соотношений следует, что, при возникновении полуоткрытого пространства (количественно оцениваемого величиной ψ^0) в локальном объёме монолита угля, величина среднего давления P^T в твёрдой компоненте локального объёма монолита угля возрастает на величину $[(\psi^0 / \psi^T) \cdot (P^Z - P^0)]$. При значениях $\psi^0 \approx 0,05 \dots 0,1$; $\psi^T \approx 0,9$; $(P^Z - P^0) \approx 40$ атм. величина прироста среднего давления P^T в твёрдой компоненте локального объёма монолита угля составляет 6% ... 12% от прочности угля на сжатие.

Согласно работе (1), «... по мере удаления от забоя выработки в глубь угольного пласта напряжения сжатия возрастают, достигают максимальных значений, а затем снижаются до величины напряженного состояния в нетронутым массиве горных пород». Расстояние от поверхности забоя до максимального значения напряжения сжатия составляет 3,2 ... 4,5 м.

Возникновение полуоткрытого пространства в локальном объёме монолита угля, в котором напряжение сжатия (среднее давление P^T) достигло максимального значения, увеличит максимальное значение напряжения сжатия (среднего давления P^T) на величину составляющую 6% ... 12% от прочности угля на сжатие. При таком увеличении величины максимального значения напряжения сжатия (среднего давления P^T) в твёрдой компоненте локального объёма монолита угля может оказаться, что величина среднего давления P^T становится равной или большей величины прочности угля на сжатие.

Если в локальном объёме монолита угля величина среднего давления P^T в твёрдой компоненте угля становится равной или большей чем величина прочности угля на сжатие, то в локальном объёме монолита угля происходит разрушение твёрдой компоненты (в том числе твёрдых стенок микроканала) угля (рис.17, 18.).

При разрушении твёрдой компоненты (рис. 18.) образуется значительное количество порошкообразного угля (твёрдых микрочастиц сопоставимых с диаметром микроканала), называемого "бешеной мукой", окружённого неразрушенным углем.

Разрушение твёрдой компоненты угля в локальном объёме монолита угля порождает мгновенное изменение напряжений в неразрушенной части монолита угля (неразрушенный уголь), прилегающей к указанному локальному объёму.

Мгновенные изменения напряжения в неразрушенной части монолита угля, прилегающей к указанному локальному объёму, могут вызвать мгновенное образование новой исходной растущей микротрещины и нового замкнутого микроканала (рис. 18.) в неразрушенной части монолита угля.

Разрушенная твёрдая компонента окружена неразрушенным углем, с которым она образует перемычку между полостями растущей новой исходной микротрещины и продвигающегося забоя.

При приближении полости продвигающегося забоя к полости новой растущей микротрещины разность давлений газа в полости растущей микротрещины и в полости забоя разрушит угольную перемычку между этими полостями (рис. 19.).

Высокоскоростной поток газа из полостей новой исходной растущей микротрещины и нового замкнутого микроканала устремляется в полость забоя через разрушенную перемычку, подхватывая по пути порошкообразный уголь и куски угля из разрушенной перемычки и перемещая их в полость забоя.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnik Natalja · Solodovniks Anatolijis)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

В результате:

возникает мгновенный выброс больших количеств кускового и порошкообразного угля и газа в полость забоя;

в монолите угля, перед забоем, вместо перемещённого в забой раздробленного и порошкообразного угля, возникают пустоты, повторяющие очертания разрушенных частей угольной перемычки, в том числе грушевидной и кармановидной формы.

11. Заключение.

1. Механизм, порождающий мгновенный выброс угля и газа в полость забоя из монолита угля, аналогичен механизму, создающему над монолитом горной породы « круги на полях ».

Основное отличие упомянутых механизмов в том, что в механизме внезапного выброса угля и газа макространство представлено полостью забоя в монолите горной породы (уголь), а в механизме аналога («круги на полях») макространство представлено атмосферным пространством (земная атмосфера) над поверхностью (поверхность раздела) монолита (земли) горной породы.

Кроме того, микроструктуру монолита угля, в котором возникает мгновенный выброс угля и газа в полость забоя, отличает от монолита горной породы, над которой возникают « круги на полях », частичная упорядоченность распределения в монолите угля полостей заполненных газом микрочаеек.

2. В локальной области монолита угля, при мгновенном изменении в нём напряжения (механического), мгновенно возникают исходные микротрещины и порождённые ими полуоткрытые или открытые микроканалы.

Полости полуоткрытых микроканалов и полости, соединённых с ними микропроходами, исходных микротрещин заполнены газом (метаном) давление которого достигает 40 атм. и более.

Давление и плотность массы газа в полостях открытых микроканалов существенно меньше таковых в полостях полуоткрытых микроканалов и мало отличаются от давления и плотности массы газа в полости забоя.

Величины максимального значения напряжения сжатия (среднего давления P^1) в твёрдой компоненте локального объёма монолита угля, при возникновении в нём открытых микроканалов, возрастают и могут превысить величину прочности угля на сжатие.

При этом твёрдая компонента в локальном объёме монолита угля разрушается, образуя, в числе прочих продуктов разрушения, значительное количество порошкообразного угля, называемого «бешеной мукой».

3. При приближении полости забоя к полости исходной микротрещины разрушается угольная перемычка между полостью микротрещины и полостью забоя.

При этом высокоскоростной газовый поток из полостей микроканала и исходной микротрещины устремляется в полость забоя, вырывая из стенок микроканала твёрдые микрочастицы, подхватывая кускообразный и порошкообразный уголь из разрушенной угольной перемычки, и перемещая их в полость забоя.

В результате:

возникает мгновенный выброс в полость забоя больших количеств кускового и порошкообразного угля и газа;

в монолите угля, перед забоем, взамен перемещённого в забой раздробленного и порошкообразного угля, возникают пустоты, повторяющие очертания разрушенных частей угольной перемычки, в том числе грушевидной и кармановидной формы.

4. Источником газа, поступление которого в забой (при выбросе газа (метана) и угля) создаёт превышение удельного газовыделения над удельным газосодержанием угольного пласта, является газ, заполнявший полость полуоткрытого микроканала в монолите угля до разрушения угольной перемычки между полостью исходной микротрещины полуоткрытого микроканала и полостью забоя.

5. Механизмом газообмена (массопереноса) между монолитом угля и полостью забоя, обеспечивающим, при мгновенном выбросе газа и угля, перемещение газа из монолита угля в полость забоя, является мгновенный газоперенос (массоперенос) из полости мгновенно возникшего полуоткрытого микроканала в полость забоя.

Мгновенный газоперенос (массоперенос) в монолите угля представляет собой высокоскоростной газовый поток из полостей полуоткрытого микроканала или исходной микротрещины в полость забоя, который возникает при образовании микропрохода из полости полуоткрытого микроканала в полость забоя или при разрушении угольной перемычки между забоем и микротрещиной.

6. Монолиты угля, в которых весьма вероятен выброс угля и газа, отличается от монолитов, в которых выброс маловероятен, существенно меньшей величиной порогового значения потенциала N_h^* .

Чем больше величина порогового значения потенциала N_h^* в монолите угля, тем меньше, при прочих равных внешних условиях (N_{zm}), объём полости заполненного газом полуоткрытого микроканала в монолите угля, и тем менее вероятен мгновенный выброс газа и угля в этом монолите.

7. Полости открытых микроканалов, в ближайшей окрестности поверхности забоя, содержат газ с существенно меньшей плотностью массы нежели закрытые микроячейки и полузакрытые микроканалы в монолите угля. Поэтому, чем больше объём полостей открытых микроканалов в ближайшей окрестности поверхности забоя, тем больше газоистощение монолита угля в указанной окрестности.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovņika Natalja · Solodovņiks Anatolijš)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007

Литература.

1. Большинский М.И., Лысиков Б.А., Каплюхин А.А., Газодинамические Явления в Шахтах, Севастополь – Донецк, 2003.
2. Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО в РОССИИ», К проблеме внезапных выбросов угля и газа в шахтах Жекамухов М. К., Жекамухова И. М, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/045.pdf> 526.
3. ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ КРУГОВ НА ПОЛЯХ ЮЖНОЙ АНГЛИИ, Наталья Анатольевна Солодовник, Анатолий Борисович Солодовник; <http://www.nyos.lv/>
4. Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Галченко Ю.П., Одинцев В.Н. Техногенные минеральные наночастицы как проблема освоения недр. // "Вестник Российской академии наук", Том 76, N4, апрель, 2006. - с.318-324.
5. Геннадий Грицко, член-корреспондент РАН, советник Российской академии наук, УГОЛЬ — НАШЕ БОГАТСТВО, Метан угольных пластов и шахт: научные проблемы снижения эмиссии; безопасности и использования., Из доклада, подготовленного к VII Московскому международному форуму «Энергетика и общество»; Москва, декабрь 2005 г.
6. В.С.ЗАБУРДЯЕВ, к.т.н. (ННЦ ГП-ИГД им.А.А.Скочинского), ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОМЫСЛОВОЙ ДОБЫЧИ УГОЛЬНОГО МЕТАНА И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ В КУЗНЕЦКОМ БАССЕЙНЕ, УГОЛЬ № 2-2003.; Большинский М.И., Лысиков Б.А., Каплюхин А.А., Газодинамические Явления в Шахтах, Севастополь – Донецк, 2003.
7. Г.Полевщиков, доктор технических наук, заведующий лабораторией проблем газопроявлений в угольных шахтах Института угля и углехимии СО РАН, ПОЧЕМУ ВЗРЫВАЮТСЯ УГОЛЬНЫЕ ШАХТЫ?, Наука в Сибири N46 (2332) 30 декабря 2001 г..
8. Горная энциклопедия, Внезапный выброс угля и газа.
9. Шестопалов А.В., Геотехнология „Вулкан” (рабочая версия).
10. О механохимической природе выделений угольного метана., Г.Д. Фролков, А.Г. Фролков, Шахтинский Центр ВостНИИ, УДК 622.411.33:622.861.764.
11. МИНЕРАЛЬНЫЕ ФАЗЫ ДИСЛОКАЦИОННОГО МЕТАМОРФИЗМА, В.В.Соболев, В.М.Кравченко, О.В.Орлинская, Национальная горная академия Украины, г.Днепропетровск, Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. 2002. № 1.
12. IC 9155, Bureau of Mines Information Circular/1987, A Review of Mechanisms of Gas Outburst in Coal, By David M.Hyman, United States Department of Interior.
13. Энциклопедия Кругосвет, <http://www.krugosvet.ru/articles/20/1002063/1002063a1.html>
14. Круги на полях – Crop Circle, 2006, <http://blog.artnn.ru/2006/07/23/krugi-na-polyah-crop-circle-2006/>

Уведомление

Авторское право на статью принадлежит авторам:

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnika Natalja · Solodovniks Anatolijs)

Перепечатка, копирование, перевод и иное воспроизведение, использование статьи или каких либо её частей без письменного согласия авторов запрещено.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovnika Natalja · Solodovniks Anatolijs)

«ВНЕЗАПНЫЙ ВЫБРОС УГЛЯ И ГАЗА И ЯВЛЕНИЕ «КРУГИ НА ПОЛЯХ» ВЫЗВАНЫ АНАЛОГИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ.»

02.09.2007