

## Научная статья

УДК 622.831.325 : 622.831.325.3

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-3-54-63

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕТАНА В СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНОМ ГЕОМАССИВЕ ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИИ****Исаченко Алексей Александрович<sup>1</sup>,  
Петрова Татьяна Викторовна<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Филиал «Шахта «Ерунаковская-VIII» АО «ОУК «Южкузбассуголь»<sup>2</sup> Сибирский государственный индустриальный университет

\*для корреспонденции: metall\_kuzbass@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила:

3 апреля 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

7 июня 2022 г.

Принята к публикации:

17 июня 2022 г.

**Ключевые слова:**

угольный пласт, коллекторы метана, заблаговременная дегазация, динамические явления, микросейсмичность, дебит воды

**Аннотация.**

Отработка метаноносных угольных пластов в структурно неоднородном массиве горных пород сопровождается проявлением динамических и микросейсмических событий с выделением метана из локальных коллекторов, примыкающих к границам тектонических блоков. В процессе исследований выявлены закономерности изменений давления метана и дебита воды при заблаговременной дегазации обрабатываемого угольного пласта. Авторами установлены линейные зависимости количества природных и техногенных динамических событий в пределах обрабатываемой панели шахтного поля и откачиваемой воды из скважин заблаговременной дегазации: интенсивность проявления регистрируемых динамических явлений в 4,6 раза при постоянном увеличении дебита воды из скважин (более 2,5 м<sup>3</sup>/сутки). Определены пограничные критерии зависимости изменения дебита воды в группе дегазационных скважин на протяжении ограниченного периода времени, в пределах которых существенно увеличивается частота проявлений динамических и сейсмических явлений для конкретных горно-геологических условий. Установлено взаимное влияние соседних скважин заблаговременной дегазации в пределах 1200-1500 м и обоснованы технологические решения по оптимальному расположению скважин. Рекомендации использованы при разработке проекта комплексной дегазации, включающей многостадийное извлечение метана с применением традиционных способов барьерной, заблаговременной и пластовой дегазации углеметановых пластов в сейсмически активных угледобывающих районах.

**Для цитирования:** Исаченко А.А., Петрова Т.В. Закономерности проявления динамических событий и распределения локальных коллекторов метана в структурно неоднородном геомассиве при отработке угольных пластов с применением заблаговременной дегазации // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 3 (151). С. 54-63. doi: 10.26730/1999-4125-2022-3-54-63

Увеличение добычи угля [1], требований к его качественным показателям на рынке способствуют вовлечению в разработку метаноносных угольных месторождений на больших глубинах в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях. Одним из элементов сложности является блочная структура массива горных пород в геотектонически активных

угледобывающих районах, влияние которой проявляется в виде микроземлетрясений природного или техногенного характера, прорывов метана из геологических нарушений, загазирования горных выработок, динамических явлений и др. Для отработки угольных пластов при газообильности более 13 м<sup>3</sup>/т применяется комплекс методов вентиляции и дегазации, обеспечивающий приемлемый уровень промышленной безопасности. На шахтах России применяются известные способы дегазации [2]: дегазация пласта спутника, барьерная дегазация, пластовая дегазация, дегазация купола обрушения, заблаговременная дегазация. Работы по снижению газоносности угольных пластов осуществляются параллельно на стадии подготовки и отработки панелей и выемочных столбов. Однако эффективность дегазации указанными способами, как правило, не превышает 0,3 [2]. Поэтому актуальным научным направлением исследований является разработка и внедрение новых способов и средств извлечения метана из угольных пластов в сейсмически активных районах.

Эффективным способом дегазации угольных пластов с высокой газообильностью является заблаговременная дегазация [2,3]. Эта технология широко применяется на шахтах Австралии, США и других стран. Суть технологии заключается в снижении газообильности угольных пластов до начала работ по проведению вскрывающих выработок. Это обеспечивает выполнение работ по извлечению метана без привязки к планам развития горных работ по добыче угля и проведению горных выработок.

Отличие технологии заблаговременной дегазации угольных пластов в России заключается в ее применении одновременно с проведением подземных подготовительных выработок и добычи угля [4]. Фактически скважины заблаговременной дегазации оказываются в условиях взаимного влияния с горными работами по проведению горных выработок, работами по добыче угля и дегазационными работами из подземных горных выработок (барьерная, пластовая дегазация и дегазация пластов спутников). При этом происходит изменение комплекса факторов: напряженно-деформированного состояния массива пород, давления метана в структурных блоках, давления воды при ее откачке на поверхность по скважинам. Однако влияние указанных факторов на характер и интенсивность проявления динамических событий, на прорывы метана в выработки из локальных коллекторов, активизацию природных и техногенных микроземлетрясений изучено недостаточно [5-8].

В этой связи актуальной научно-практической задачей является создание безопасных условий для персонала шахты при отработке склонных к проявлению динамических явлений и микросейсмических событий высоко газоносных угольных пластов с осуществлением комплекса работ по заблаговременной дегазации. Решение задачи возможно на основе выявленных закономерностей проявления на обрабатываемых угольных пластах природных и техногенных микросейсмических событий, зафиксированных системой геодинамического мониторинга при различных режимах технологических процессов и заблаговременной дегазации массива горных пород.

Объектом исследования являются технологии отработки угольного пласта системой длинных столбов с полным обрушением пород кровли и варианты пространственного расположения пробуренных с земной поверхности скважин заблаговременной дегазации обрабатываемого угольного пласта.

В качестве предмета исследования рассмотрены процессы, происходящие в массиве горных пород при отработке выемочных столбов с одновременной заблаговременной дегазацией обрабатываемого угольного пласта с учетом влияния динамических и микросейсмических событий в районе ведения горных работ.

Методы исследования: системный анализ горно-геологических и горнотехнических условий отработки пластов 2 и 1, результатов натурального эксперимента при заблаговременной дегазации этих угольных пластов.

Для выявления воздействия комплекса горно-геологических и горнотехнических факторов, влияющих на геодинамическое состояние массива горных пород, проведены натурные исследования на экспериментальном участке шахтного поля. Участок расположен в Ерунаковском геолого-экономическом районе Кузбасса. Рельеф поверхности участка резко пересеченный, с многочисленными неоднократно разветвляющимися логами. Размер наблюдаемого участка составляет 5,0 км по простиранию и около 5,0 км по падению пластов.

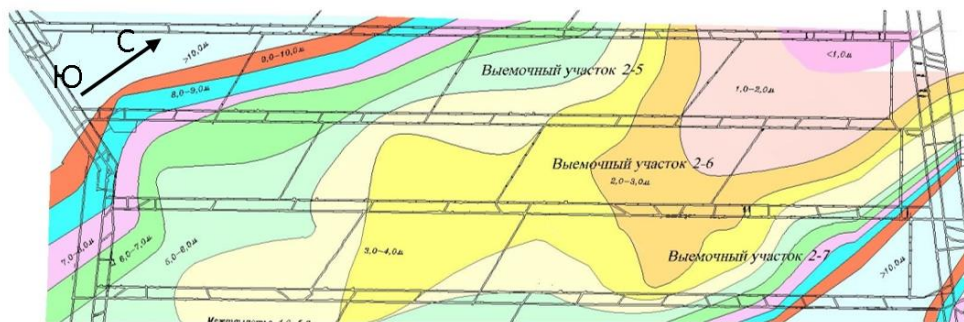


Рис. 1. Схема горных выработок пласта №2 с изолиниями мощности пород между пластами №2 и №1  
 Fig. 1. Scheme of mine workings of seam No. 2 with isolines of rock thickness between seams No. 2 and No. 1

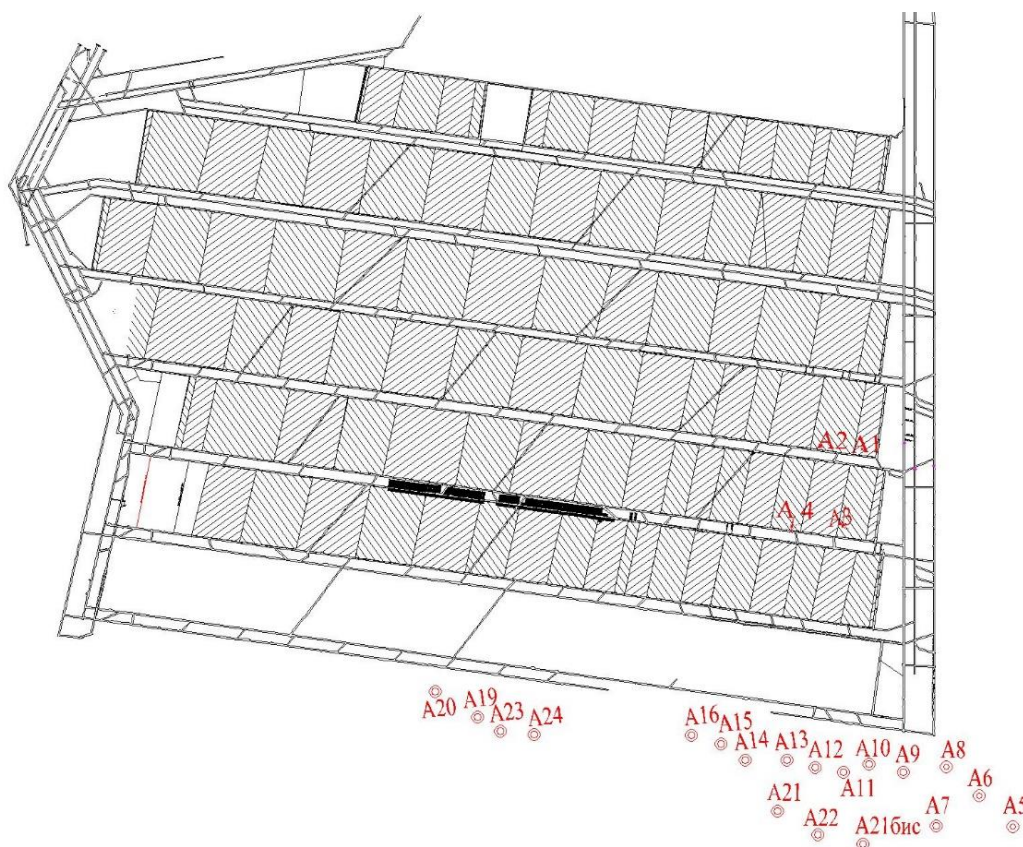


Рис. 2. Схема расположения горных выработок по пласту №2 и скважин заблаговременной дегазации на момент завершения исследования  
 Fig. 2. Scheme of the location of mine workings in seam No. 2 and early degassing wells at the time of completion of the study

Исследования проведены при отработке пологого угольного пласта № 2 мощностью 2,06-2,41 м. Одновременно надрабатывался нижележащий сближенный пласт № 1 мощностью 1,7-2,23 м. Мощность пород между пластами № 2 и № 1 изменяется в диапазоне от 0,5 м до 15,0 м и в направлении с севера на юг планомерно увеличивается (рис.1). Природная метаноносность угольных пластов – 22,0-25,9 м<sup>3</sup>/тс.б.м.

Отработка выемочных столбов пласта № 2 осуществляется в направлении с севера на юг (рис. 1). На юге участка глубина ведения работ до 700 м. Схема подготовки выемочного столба двухштрековая спаренными забоями с формированием угольного целика между штреками. Отработка выемочных столбов осуществляется системой разработки длинными столбами по

простиранию с полным обрушением пород кровли (ДСО). Механизированным комплексом Glinik-13/28, комбайном KSW-460NE, скребковым перегружателем GROT-850.

При ведении горных работ применялся комплекс мер по дегазации отрабатываемого и надрабатываемого пластов. С 2017 года на предприятии внедрен способ заблаговременной дегазации перспективных участков шахтного поля. Программа внедрения заблаговременной дегазации включает опробование технологии на локальном участке при бурении четырех пилотных скважин, анализ результатов работы этих скважин, разработку после анализа полученных результатов проектных решений и внедрение способа дегазации в пределах шахтного поля. На основании результатов сформированы и частично реализованы проектные решения по заблаговременной дегазации перспективных участков скважинами А5-А24 (рис. 2).

Наблюдения в пределах экспериментального участка проводилось в период с 2017 по 2021 годы. Участок дегазировался постепенно, по мере ввода в эксплуатацию скважин в несколько этапов. За весь период эксперимента пробурено 22 скважины из 24 запланированных. Это позволило организовать всестороннее наблюдение за промежуточными результатами дегазации. Для повышения эффективности дегазации угольных пластов посредством создания в них вторичной трещиноватости в дегазационных скважинах используется плазменно-импульсное воздействие (далее по тексту ПИВ) на угольные пласты [9].

Для оптимизации технологических решений по заблаговременной дегазации был проведен пилотный проект бурения четырех скважин А1-А4. На основании результатов исследований предшественников [9,10] основным качественным показателем оценки изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород (НДС) принята сумма дебита откачиваемой воды параллельно при одновременном извлечении метана. Нарушение природной решетки угольного пласта, создание искусственных трещин (вторичной трещиноватости) создает условия для перемещения (фильтрации) масс флюидов от места расположения в нетронутом массиве к дегазационным скважинам и, как следствие, ведет к изменению НДС массива горных пород. Изменение НДС геомассива моделируется методом двойного пространства и в данной работе не рассматривается.

По установленным зависимостям изменения НДС массива горных работ от структурных изменений дегазируемых угольных пластов возможно прогнозирование параметров динамических явлений и микросейсмичности при ведении горных работ по добыче угля и проведению горных выработок. При эксплуатации пилотных скважин А1-А4 определены зоны дренирования. Примерные линейные размеры области активности скважин составляют порядка 1500 метров в направлении с севера на юг и 1250 метров в направлении с запада на восток. Необходимо отметить, что наблюдается гидродинамическая связь между скважинами А4 и А1 (расстояние более 715 м друг от друга).

После проведения первого этапа исследований заблаговременной дегазации через 4 скважины был получен положительный эффект в виде снижения метановыделения в горные выработки. Поэтому было решено продолжить натурный эксперимент. На основании анализа работы пилотных скважин сформированы и реализованы технические решения по заблаговременной дегазации перспективных выемочных участков. На втором этапе исследований для проведения заблаговременной дегазации с земной поверхности пробурены вертикальные скважины А5-22 (рис. 2) глубиной до 700 м. Дегазационные скважины расположены таким образом, чтобы при откачке из них воды была создана единая депрессионная воронка, обеспечивающая максимальные притоки газа. Исходя из опыта проведения плазменно-импульсного воздействия на угольных пластах, зона влияния скважины определена около 200 м [3,4,9,10]. Работа по формированию сети дегазационных скважин осложнялась и-образным резкопересеченным рельефом таежной местности, неоднократно разветвляющимися логами, резкими перепадами высот, заболоченными участками низин с расположением русел ручьев. По лицензионной границе шахты располагается породный отвал смежного горнодобывающего предприятия. С учетом природного рельефа разместить скважины по равномерной сетке не представляется возможным. Поэтому реальные расстояния между скважинами, вскрывающими одну группу пластов, приняты от 100 до 200 м (рис.2).

В процессе ведения работ по заблаговременной дегазации осуществлялся ежесуточный мониторинг, фиксировались следующие параметры (таблица): давление смеси газа и воды в забое и затрубном пространстве скважины, уровень воды в скважине, депрессия у устья

Таблица 1. Фрагмент записи результатов измерений параметров дегазации в скважине А10  
 Table 1. A fragment of the recording of the results of measurements of degassing parameters in well A10

Дата	Давление флюида, атм		Уровень флюида в скважине, м	Депрессия, МПа	Обороты насоса, об./мин	Дебит воды, м <sup>3</sup> /сут.
	в забое	в затрубном пространстве				
12.10.2019	5,18	0,87	672,55	52,79	375,00	97,54
13.10.2019	4,39	0,87	680,45	53,58	372,00	97,29
14.10.2019	4,35	0,84	680,55	53,62	365,00	96,69
15.10.2019	4,72	0,79	676,35	53,25	360,00	95,40
16.10.2019	4,68	0,81	676,95	53,29	360,00	94,25
17.10.2019	4,78	0,81	675,95	53,19	361,00	94,33
19.10.2019	6,75	0,93	657,45	51,22	365,00	86,71
20.10.2019	5,72	0,84	666,85	52,25	370,00	96,21
21.10.2019	4,67	0,85	677,45	53,30	375,00	94,25
22.10.2019	4,21	0,85	682,05	53,76	375,00	95,42
23.10.2019	4,27	0,83	681,25	53,70	365,00	94,88
24.10.2019	4,48	0,83	679,15	53,49	355,00	93,13
25.10.2019	4,58	0,80	677,85	53,39	352,00	91,83
26.10.2019	4,53	0,84	678,75	53,44	350,00	93,50

скважины, обороты насоса, дебит воды и газа. Установлено, что стабильный приток газа достигается при достижении равновесия между динамическим уровнем воды в скважине, производительностью насоса, давлением и расходом газа. В таблице 1 в качестве примера представлен фрагмент записи результатов измерений в течение 15 суток по скважине №10.

Выявлены специфические особенности пуска и работы скважин заблаговременной дегазации. Прежде всего, это поэтапный ввод скважин в эксплуатацию. Это связано с технологическими процессами: бурение, создание вторичной проницаемости и трещиноватости, монтаж и подключение насосного оборудования. Выявлено взаимное влияние двух и более одновременно работающих скважин. Установлено, что кроме указанных факторов на динамику выделения метана по скважине влияет интенсивность и периодичность природных и техногенных динамических явлений (рис. 3).

Первый период наблюдений связан с вводом в эксплуатацию группы скважин наблюдаемого участка А8-А12, расположенных на протяжении 520 м по простиранию выемочного столба 48-9. Расстояние между скважинами около 100 м, глубина скважин – до 700 м. В период ввода в эксплуатацию горными работами отрабатывался выемочный столб 48-5, расстояние от группы скважин до очистного забоя составляло 1300 м. Интенсивная откачка воды и газа в период декабря 2017 года по февраль 2018 года создала условия к изменению геодинамического состояния массива горных пород в отрабатываемом выемочном столбе 48-5 и проявлению динамических явлений (рис. 3). В этот период система геомониторинга GITS[11] зафиксировала 6 динамических событий с энергетическим потенциалом более 5000 Дж. Анализ данных мониторинга дебита воды из скважин показал увеличение добычи за два месяца с 105 до 590 м<sup>3</sup>/сут, при среднем ежесуточном увеличении – 7,9 м<sup>3</sup>/сут. Частота проявляемых событий составляла 0,1 соб./сут. Движение очистного забоя в этот период времени составило с ПК174 по ПК223 – 490 м. Основные показатели работы скважин и периодов натуральных наблюдений представлены в табл. 2.

Второй период, характеризующийся увеличением интенсивности проявления динамических явлений, наблюдался с февраля по июнь 2019 года. Интенсивное увеличение добычи метана происходило на уже ранее введенных в эксплуатацию скважинах А8, А5, А7, А9, А10, А11, А12, а также на вновь вводимых скважинах А13, А15, А22.

В этот период система геомониторинга GITS зафиксировала 8 динамических событий с энергетическим потенциалом более 5000 Дж. Анализ данных мониторинга дебита воды из скважин показал увеличение добычи метана за этот период с 405 до 693 м<sup>3</sup>/сут. при среднем

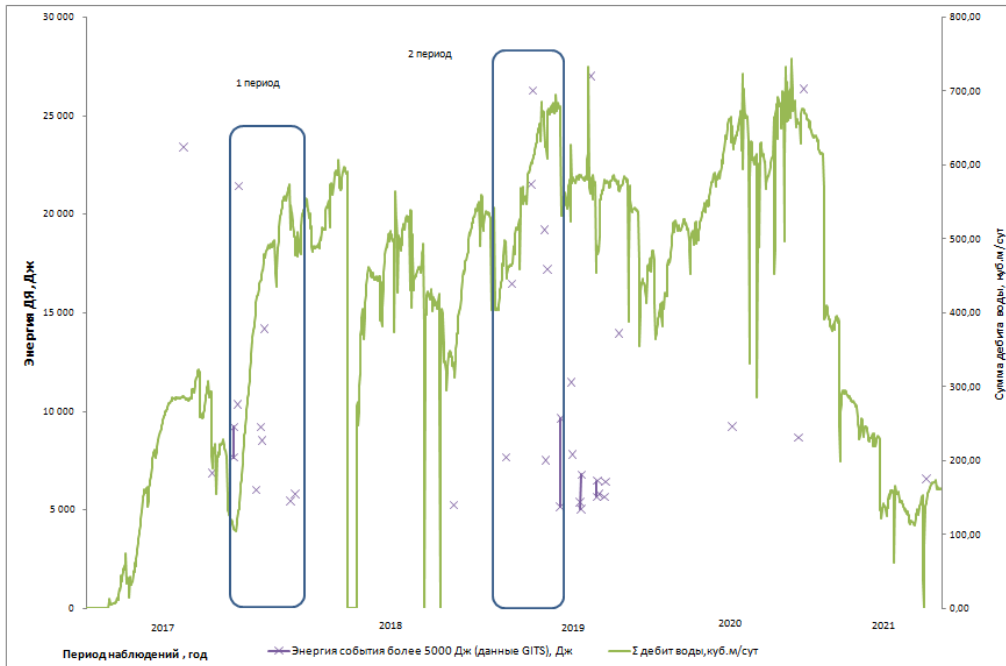


Рис. 3. Динамика дебита воды всех скважин заблаговременной дегазации и проявлений динамических явлений

Fig.3 Dynamics of water flow rate of all early degassing wells and manifestations of dynamic phenomena

Таблица 2. Анализ основных показателей проявления динамических явлений (ДЯ) в разные периоды наблюдения

Table 2. Analysis of the main indicators of the manifestation of dynamic phenomena (DYA) in different periods of observation

Наименование показателя	Единица измерения	Периоды увеличения интенсивности проявления ДЯ			Общий период наблюдения	Период наблюдения без увеличения интенсивности и дебита воды
		1 период	2 период	всего (1 и 2 периоды)		
Период наблюдения	сут.	61	115	176	1516	1340
Количество ДЯ	шт.	6	8	14	37	23
Интенсивность	шт./сут.	0,098	0,070	0,080	0,024	0,017

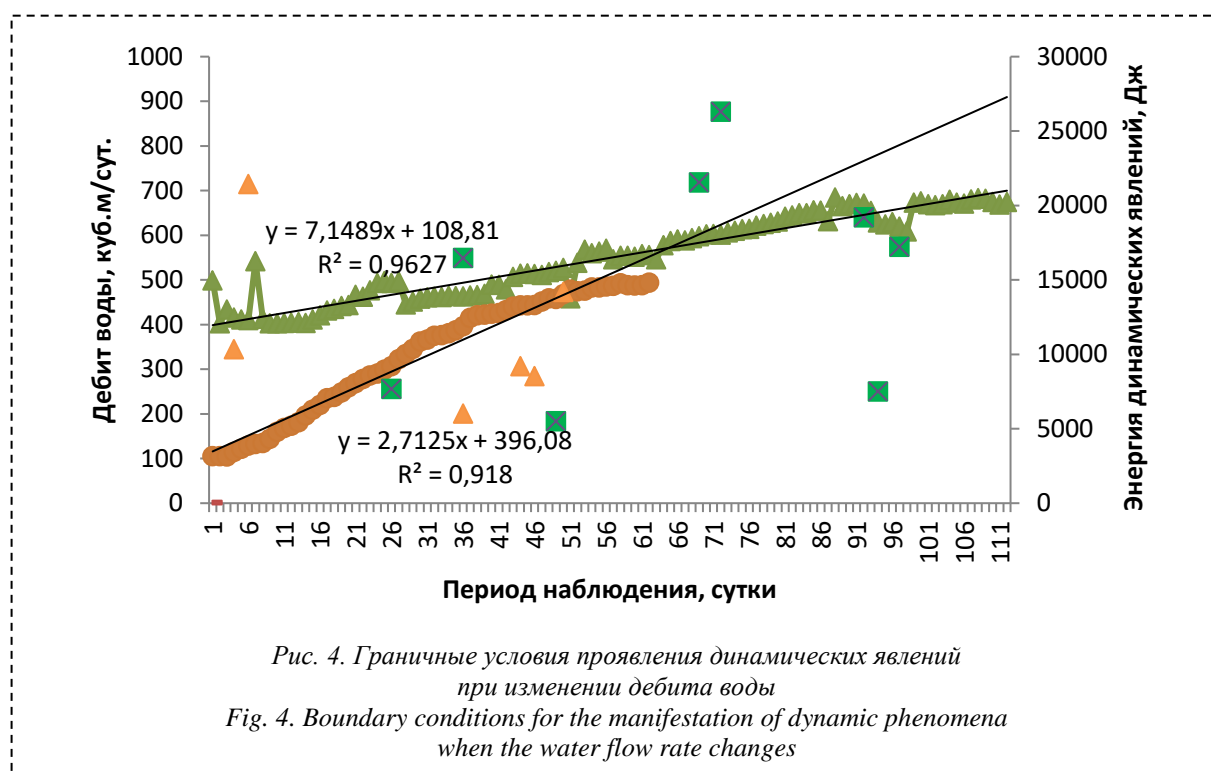
ежесуточном увеличении 2,5 м³/сут. Частота проявляемых событий составляла 0,07 соб./сут. Движение очистного забоя в этот период составило с ПК66 по ПК198 – 1320 м.

В первом периоде наблюдались динамические явления только при увеличении добычи воды, а во втором в том числе и после завершения наращивания отработки воды. После увеличения добычи воды интенсивность проявления динамических явлений снизилась (рис.3).

Энергетический потенциал событий при снижении дебита откачиваемой воды существенно ниже, чем в период интенсивной отработки.

За период наблюдений с 2017 по 2021 годы произошло 37 событий с энергией более 5000 Дж при общей продолжительности наблюдения 1516 суток. Общая продолжительность двух периодов увеличения суммарного дебита воды из скважин составила 176 суток или 12% от общего времени исследования, при этом в эти промежутки зафиксировано 38% событий (таблица 2).

Из анализа материалов исследований следует, что интенсивность проявления динамических явлений в обычный период времени в 4.7 раза меньше, чем в периоды увеличения интенсивного



дебита воды. Наблюдаются значительные изменения в увеличении количества динамических явлений, что подтверждается как на первом периоде 0,098 шт./сут, так и на втором – 0,07 шт./сут (таблица 2).

На основании результатов обработки статистических данных определены параметры работы скважин заблаговременной дегазации, при которых создаются условия для проявления динамических явлений с высокими энергетическими потенциалами. Построен график на временном интервале в 115 суток, по которому проведен анализ работы скважин в первом и втором периодах увеличения суммарного дебита воды из скважин (рис. 4). Второй период продолжался 61 день и для корректного сравнения построена линейная функция. Максимальные значения проявления динамических явлений при увеличении интенсивности водопонижения в границах линейных графиков для 1 и 2 этапов наблюдений.

Для прогноза количества динамических явлений при известном дебите воды предлагается использование следующих зависимостей:

$$N_{\text{явл}} = 7,1489 \times Q_{\text{зд}} + 108,81 \quad R^2 = 0,9627, \quad (1)$$

$$N_{\text{явл}} = 2,7125 \times Q_{\text{зд}} + 396,08 \quad R^2 = 0,918, \quad (2)$$

где  $N_{\text{явл}}$  – количество динамических явлений, шт./кв. м;

$Q_{\text{зд}}$  – дебит откачиваемой воды, м<sup>3</sup>/сут.

Для района исследования формулами 1 и 2 определены пограничные критерии зависимости изменения дебита воды в группе дегазационных скважин на протяжении ограниченного периода времени, в пределах которых существенно увеличивается частота проявлений динамических и сейсмических явлений.

#### Выводы.

Экспериментально в натуральных условиях действующей шахты доказана эффективность заблаговременной дегазации массива горных пород с применением плазменно-импульсного воздействия на свиту весьма сближенных угольных пластов.

Выявлены линейные зависимости количества природных и техногенных динамических событий в пределах отрабатываемой панели шахтного поля воды из дегазационных скважин: интенсивность проявления регистрируемых динамических явлений в 4,6 раза выше при увеличении дебита воды более 2,5 м<sup>3</sup>/сутки, а в случае увеличения суточного дебита воды на 60% рост количества регистрируемых динамических явлений достигает 0,07 шт./сут.

Установлено взаимное влияние соседних дегазационных скважин в пределах 1200-1500 м и обоснованы технологические решения по оптимальному расположению скважин. Рекомендации

использованы при разработке проекта комплексной дегазации, включающей многостадийное извлечение метана с применением традиционных способов барьерной, заблаговременной и пластовой дегазации углеметановых пластов в сейсмически активных угледобывающих районах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2017 года // Уголь. 2018. № 3. С. 58-72
2. Инструкция по дегазации угольных шахт. Сер.05. Вып. 22. М. : ЗАО Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2012. 250 с.
3. Ширяев С. Н., Агеев П. Г., Десяткин А. С. Заблаговременная дегазация угольных пластов на новых физических принципах: объективная реальность // Уголь Кузбасса. 2020. № 1-2. С. 70-73.
4. Ширяев С. Н., Никитина А. М., Дадьинский Р. А. Применение современных методов дегазации при отработке пласта 48 в условиях филиала «Шахта «Ерунаковская-VIII» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 3 (25). С. 41-47.
5. Исаченко А. А. Влияние изменчивости природных свойств угленосного массива на геомеханические параметры горных выработок угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. М. : Изд-во МГГУ. 2016. № 3. С. 269-280.
6. Лазаревич Т. И. Геодинамическое районирование Южного Кузбасса. Кемерово : Редакционно-издательская фирма «Весть», 2006. 184 с.
7. Арутюнян Е. Г., Ромашин В. В., Огородникова И. В. Актуальные проблемы сейсмической безопасности Кузбасса // ТЭЖ и ресурсы Кузбасса. 2007. № 6. С. 43-44.
8. Зубков В. В., Зубкова И. А. Особенности расчета тектонически напряженных зон при отработке свиты пластов // Маркшейдерия и недропользование. 2013. № 6 (68). С. 22-24.
9. Агеев П. Г., Агеев Д. П., Десяткин А. С., Пащенко А. Ф. Плазменно-импульсное воздействие – инновационный подход к добыче традиционных и нетрадиционный подход к добыче традиционных и нетрадиционных углеводородов и заблаговременной дегазации угольных пластов // Бурение и нефть. 2016. № 7-8. С. 34 - 40.
10. Молчанов А. А., Агеев П. Г. Плазменно-импульсное воздействие на продуктивные пласты. // Oil&GasJournal. 2008. № 9 (22). С. 42-45.
11. Методические указания по созданию систем контроля состояния горного массива и прогноза горных ударов как элементов многофункциональной системы безопасности угольных шахт/ Д.В. Яковлев [и др.]. -СПб. : ВНИМИ. 2012. 83 с.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

**Исаченко Алексей Александрович**, главный технолог филиала «Шахта «Ерунаковская-VIII» АО «ОУК «Южкузбассуголь», (г. Новокузнецк), канд. техн. наук, meg2054@yandex.rumetall\_kuzbass@mail.ru

**Петрова Татьяна Викторовна**, доцент кафедры менеджмента и отраслевой экономики, Сибирский государственный индустриальный университет, (Россия, 654007, Новокузнецк, ул. Кирова, д. 42), канд. техн. наук, stu- prvt@mail.ru

*Заявленный вклад авторов:*

Исаченко Алексей Александрович – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, сбор и анализ научных данных, научный менеджмент, обзор научных источников, выводы, написание текста.

Петрова Татьяна Викторовна – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, сбор и анализ научных данных, научный менеджмент, обзор научных источников, выводы, написание текста.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



## Original article

## REGULARITIES OF THE MANIFESTATION OF DYNAMIC EVENTS AND THE DISTRIBUTION OF LOCAL METHANE RESERVOIRS IN A STRUCTURALLY HETEROGENEOUS ROCK MASS DURING THE DEVELOPMENT OF COAL SEAMS WITH THE USE OF EARLY DEGASSING

Alexey A. Isachenko<sup>1</sup>, Tatiana V. Petrova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Branch "Mine" Erunakovskaya-VIII "of JSC" OUK "Yuzhkuzbassugol"

<sup>2</sup> Siberian State Industrial University

\*for correspondence: metall\_kuzbass@mail.ru



### Article info

Submitted:

3 April 2022

Approved after reviewing:

7 June 2022

Accepted for publication:

17 June 2022

**Keywords:** coal seam, methane reservoirs, early degassing, dynamic phenomena, microseismicity, water flow rate.

### Abstract.

The development of methane-bearing coal seams in a structurally heterogeneous rock mass is accompanied by the manifestation of dynamic and microseismic events with the release of methane from local reservoirs adjacent to the boundaries of tectonic blocks. In the process of research, regularities of changes in methane pressure and water flow rate were revealed during early degassing of the mined coal seam. The authors established linear dependences of the number of natural and man-caused dynamic events within the mining field panel and pumped water from wells for early degassing: the intensity of the manifestation of recorded dynamic phenomena is 4.6 times with a constant increase in water flow from wells (more than 2.5 m<sup>3</sup>/day). Boundary criteria for the dependence of water flow rate change in a group of degassing wells over a limited period of time have been determined, within which the frequency of manifestations of dynamic and seismic phenomena significantly increases for specific mining and geological conditions. Mutual influence of adjacent wells for early degassing within 1200-1500 m was established and technological solutions for the optimal location of wells were substantiated. The recommendations were used in the development of a complex degassing project, including multi-stage methane extraction using traditional methods of barrier, early and in-situ degassing of coal-methane seams in seismically active coal mining areas.

**For citation:** Isachenko A.A., Petrova T.V. Regularities of the manifestation of dynamic events and the distribution of local methane reservoirs in a structurally heterogeneous rock mass during the development of coal seams with the use of early degassing. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 3(151):54-63. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-3-54-63

## REFERENCES

1. Tarazanov I.G. Results of the work of the coal industry in Russia for January-December 2017. *Ugol*. 2018; 3: 58-72. [In Russ]
2. *Instrukciyapodegazaciiugol'nyhshaht/Seriya 05. Vypusk 22*. [Instructions for degassing coal mines. Series 05. Issue 22]. Moscow: ZAO Scientific and Technical Center for Research of Industrial Safety Problems, 2012. 250 p.[In Russ]
3. Shiryaev S.N., Ageev P.G., Desyatkin A.S. Early degassing of coal seams based on new physical principles: an objective reality. *Ugol' Kuzbassa*. 2020; 1-2: 70-73. [In Russ]
4. Shiryaev S.N., Nikitina A.M., Dadynsky R.A. Application of modern methods of degassing in the development of seam 48 in the conditions of the branch "Mine" Erunakovskaya-VIII". *VestnikSibirskogogosudarstvennogoindustrial'nogouniversiteta*. 2018; 3(25): 41-47. [In Russ]
5. Isachenko A.A. Influence of variability of natural properties of coal-rock massif on geomechanical parameters of mine workings of coal mines. *Gornyyinformacionno-analiticheskijbyulleten'*. 2016; 3: 269-280. [In Russ]
6. Lazarevich T.I. Geodynamic zoning of the Southern Kuzbass. Kemerovo: *Redakcionno-izdatel'skaya firma «Vest'»*. 2006. 184 p. [In Russ]
7. Harutyunyan E.G., Romashin V.V., Ogorodnikova I.V. Actual problems of seismic safety of Kuzbass. *TEK*

*iresursyKuzbassa*. 2007; 6: 43-44. [In Russ]

8. Zubkov V.V., Zubkova I.A. Features of the calculation of tectonically stressed zones during the development of a formation suite. *Markshejderiyainedropol'zovanie*. 2013; 6(68): 22-24. [In Russ]

9. Ageev P.G., Ageev D.P., Desyatkin A.S., Pashchenko A.F. Plasma-pulse impact - an innovative approach to the production of traditional and non-traditional approach to the production of traditional and unconventional hydrocarbons and early degassing of coal seams. *Burenieineft'*. 2016; 7-8: 34 - 40. [In Russ]

10. Molchanov A.A., Ageev P.G. Plasma-pulse impact on productive strata. *Oil & Gas Journal*. 2008; 9(22): 42-45.

11. Guidelines for the creation of systems for monitoring the state of the rock mass and forecasting rock bursts as elements of a multifunctional safety system for coal mines. Yakovlev [and others]. SPb.: VNIMI; 2012. 83 p.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

*About the authors:*

**Alexey A. Isachenko**, chief technologist of the branch "Mine" Erunakovskaya-VIII "of JSC" OUK "Yuzhkuzbassugol", (Novokuznetsk), C. Sc. in Engineering, metall\_kuzbass@mail.ru

**Tatiana V. Petrova**, Associate Professor of the Department of Management and Sectoral Economics, Siberian State Industrial University, (42 Kirova str., Novokuznetsk, 654007, Russia), ptrvt@mail.ru

*Contribution of the authors:*

Evgeny G. Malinovsky – formulation of a research task, conceptualization of research, collection and analysis of scientific data, scientific management, review of scientific sources, conclusions, writing a text.

Bogdan A. Ahpashev – formulation of a research task, conceptualization of research, collection and analysis of scientific data, scientific management, review of scientific sources, conclusions, writing a text.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

