

УДК 622.831.322

**Г.П. СТАРИКОВ** (д-р техн. наук, проф.)

**О.Г. ХУДОЛЕЙ** (канд. техн. наук)

**Е.А. НАВКА** (асп.)

Институт физики горных процессов НАН Украины, г.Донецк

**Д.В. ПИЛЮГИН**

ГВУЗ «Национальный горный университет» (НГУ), г.Днепропетровск

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ОТРАБОТКИ ВЫБРОСООПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ**

В работе рассмотрены особенности влияния глубины разработки на выбросы угля и газа. Приведен и проанализирован статистический материал по внезапным выбросам угля и газа за последние 60 лет. Определены перспективы отработки выбросоопасных угольных пластов на больших глубинах.

**Ключевые слова:** добыча угля, выброс угля и газа, гипотеза, анализ, исследования, прогноз.

На сегодняшний день горные работы в Донбассе достигли глубин 1100-1400 м, и объективной реальностью является усложнение условий отработки пластов с позиции безопасности ведения работ. Учитывая неизбежность подземной разработки угольных месторождений, ухудшение их горно-геологических условий и рост нагрузок приобретает высокую актуальность проблема оценки степени влияния глубины отработки на газодинамическую активность выбросоопасных угольных пластов в очистных и подготовительных забоях.

Вопрос о влиянии глубины разработки на потенциальную выбросоопасность рассматривался, в разное время, в работах как отечественных, так и иностранных ученых [1-8, 15, 16, 21]. Проблема эта анализировалась и изучалась с различных позиций, для решения различных задач, разными подходами и методами, поэтому и результаты этих работ не имеют однозначных выводов.

Большая группа работ, содержащих анализ статистического материала о проявлениях ГДЯ на различных глубинах, обосновывает прямую зависимости потенциальной выбросоопасности от глубины разработки. Впервые, в отечественной науке оценка влияния глубины разработки на проявление потенциальной выбросоопасности была предпринята проф.Л.Н.Быковым [9]. Данная оценка производилась на основании опыта отработки шахтопластов Центрального района Донбасса. В работе были проанализированы сведения о ГДЯ по трем шахтам, происшедшие не менее чем на двух горизонтах [9], и был сделан вывод о том, что увеличение глубины ведения горных работ приводит к интенсификации ГДЯ.

Также на примере работы шахт Центрального Донбасса И.М.Яровой приходит к выводу, что выбросоопасность увеличивается по мере увеличения глубины ведения работ [10]. Этот вывод был сделан в конце сороковых годов прошлого века. Однако в работе было отмечено, что число шахт на которых происходили внезапные выбросы угля и газа возрастало лишь при увеличении глубины ведения горных работ с 205 до 555 м, а увеличение глубины ведения горных работ до 640 м не привело к увеличению таких шахт.

В 50 – е годы вопрос о влиянии глубины разработки на проявления потенциальной выбросоопасности был рассмотрен Я.Э.Некрасовским, который пришел к выводу о том, что переход очистных работ на более глубокие горизонты увеличивает количество шахтопластов, подверженных внезапным выбросам угля и газа, и к интенсификации ГДЯ [11].

Анализ влияния увеличения глубины разработки на частоту и интенсивность внезапных выбросов, происшедших на шахтах семи трестов комбината Донецку-

голь за 15 лет на глубинах 250 – 1000 м был проведен М.А.Моисеевым и А.П.Буренко [12]. К однозначным выводам проведенный анализ опять таки не приводит. График, приведенный в работе [12] свидетельствует о более или менее стабильном ее росте до глубины примерно 750 м, резком снижении на глубинах 750 – 920 м и последующем росте на глубине 1000 м.

По данным ведения горных работ на самой глубокой шахте Центрального района Донбасса «Кочегарка» ПО Артемуголь, И.Г.Балюк делает вывод о росте выбросоопасности шахтопластов с увеличением глубины разработки, но из приведенных в статье данных этого не следует [13]. Подтверждается это следующими фактами, приведенными в [13]. При работе на горизонте 470 – 555 м произошло 7 выбросов угля и газа; на гор.555 – 640 м 28 выбросов; гор.640 – 750 м 10 выбросов; гор.750 – 860 м 5 выбросов угля и газа.

Изучение вопроса о влиянии глубины разработки на потенциальную выбросоопасность не ограничивалось лишь условиями Донбасса. Так на примере работы шахт Воркутинского месторождения А.А.Борисенко делает вывод о возрастании средней интенсивности выбросов при увеличении глубины разработки с 300 – 400 м до 500 – 600 м в 16 раз, а увеличение числа выбросов отнесенное к 1000 м проходки – в 21 раз [14].

В это же время к данному вопросу было привлечено внимание иностранных горных специалистов. Анализ фактических данных о проявлении выбросоопасности на шахтах «Печбаня» и «Сабольч», проведенный венгерскими учеными, привел к выводу о том, что частота выбросов с увеличением глубины разработки возрастает, а затем при достижении некоторой глубины уменьшается [15]. В работе немецких ученых [16] анализируются выбросы угля и газа на шахтах земли Северная Рейн – Вестфалия, и делается заключение о росте их числа с увеличением глубины разработки.

Авторы статьи [17] анализируя данные о выбросах угля и газа в Донбассе с учетом количества разрабатываемых пластов во времени и по глубине их залегания, делают вывод о том, что нет оснований предполагать снижение выбросоопасности на глубинах 1000 – 1200 м.

Наряду с данным положением еще в начале семидесятых годов впервые была высказана идея уменьшения силы и частоты внезапных выбросов угля и газа на больших глубинах [18,19], достоверность которой доказывалась данными опыта разработки выбросоопасных шахтопластов Центрального района Донбасса.

В 1973 году был проведен анализ обширного статистического материала по выбросам угля и газа в Донбассе за 60 лет, который позволил установить авторам [20] общее уменьшение количества выбросов угля и газа начиная с глубины 750 м.

Возвращаясь к опыту разработки Воркутинского месторождения нельзя не отметить работу В.Р.Бартоша, в которой отмечается, что, начиная с 1963 г. частота внезапных выбросов и их сила, на шахтах данного месторождения, резко снижается, несмотря на увеличение глубины разработки и числа выбросоопасных шахтопластов [21].

Выполненный за период с 1953 по 1985 гг. анализ изменения по мере увеличения глубины ведения горных работ числа выбросоопасных шахтопластов [22,23]; количества забоев в которых применялись специальные способы предотвращения ГДЯ, и количества выбросов показал, что общее количество выбросов и забоев в которых применялись способы предотвращения выбросов, начиная с 1970 – 1971 гг. уменьшалось.

Анализ применения объемов и структуры применявшихся противовыбросных мероприятий в различные периоды времени [24], но уже с учетом данных за

1986 – 1992 гг. позволил констатировать снижение как общего числа забоев, в которых они применялись, так и объемов применения специальных способов предотвращения выбросов при росте объемов применения мероприятий, повышающих безопасность ведения горных работ.

Исследования, выполненные в середине восьмидесятых годов [23] позволили сделать принципиальный вывод о том, что на глубинах разработки более 800 м на шахтах Донбасса выбросоопасность не интенсифицируется, а перераспределяется между шахтопластами, представленными различной степенью метаморфизма.

Естественно, что невозможно провести и подвергнуть тщательному анализу все работы, посвященные данному вопросу, но, проведя их краткий обзор, становится понятным основные направления его решения.

Следует отметить, что выдвинутая гипотеза об уменьшения силы и частоты внезапных выбросов угля и газа на больших глубинах [18,19], рассматривала изменение выбросоопасности только призабойной части пласта, и для своего обоснования включала анализ статистического материала, а также аналитические и экспериментальные исследования.

Так как в обосновании гипотезы использовались статистические данные о произошедших внезапных выбросах за период с 1953 по 1986 гг., в 2009 году были проведены дополнительные статистические исследования по некоторым аспектам отмеченной гипотезы. При проведении исследований было рассмотрено 2245 случаев внезапных выбросов угля и газа за период с 1953 по 2006 гг., исключая ГДЯ при сотрясательном взрывании [25]. Анализу также не подвергались случаи ГДЯ по которым отсутствовали точные данные о горно-геологических и горно-технических условиях отработки пластов.

Одним из результатов проведенного анализа является статистическая зависимость представленная на рис.1.

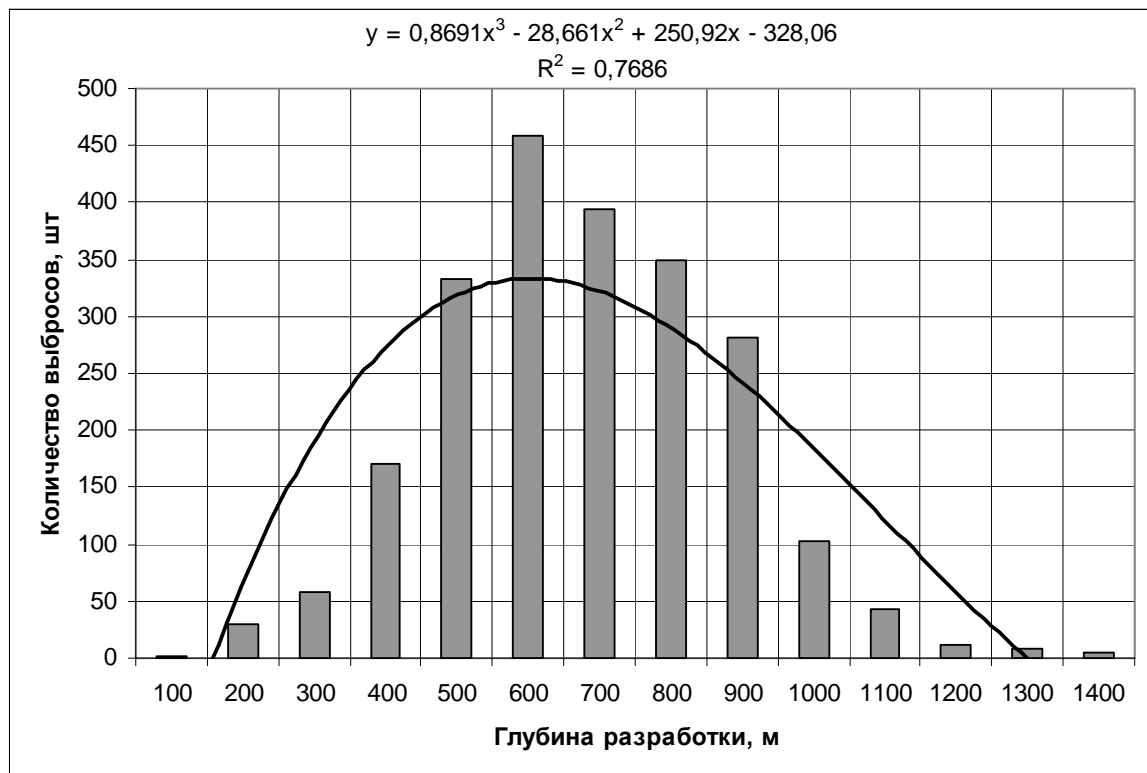


Рис. 1. Изменение количества внезапных выбросов в зависимости от глубины ведения горных работ

Изучая суть вопроса, выдвигая и обосновывая основные гипотезы, на наш взгляд, необходимо было бы обратить более пристальное внимание на то, что изучение изменения выбросоопасности целесообразно проводить в согласовании с основным производственным процессом при добыче угля – выемки угля, т.е. основное внимание уделить на призабойную часть угольного пласта.

Для подтверждения данного положения за соответствующий период (1953-2006 гг.) были проанализированы случаи выбросов угля и газа по местам их возникновения и предшествующим им технологическим процессам.

Таблица 1 – Выбросы угля и газа на пологих и наклонных пластах (за период с 1953 по 2006 гг. без учета БВР в режиме сотрясательного взрывания)

ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ	Количество выбросов
Подрубка угля врубмашиной	22
Выемка угля ОМ, обушком	100
Выемка угля комбайном	192
Выемка угля широкозахватным комбайном (>1м)	72
Выемка угля стругом	527
Выемка угля скреперостругом	5
Бурение шпуров, скважин, выбуривание пласта, разбуривание	69
ИТОГО	987
ПРОХОДЧЕСКИЕ РАБОТЫ	
Выемка угля ОМ, обушком	88
Выемка угля комбайном	40
Взрывание шпуров по углю	3
Взрывание шпуров по породе	7
Бурение шпуров, скважин, выбуривание пласта, разбуривание	28
ИТОГО	166
Другие виды работ (ВВ по породе, уборка угля и породы, крепление, зачистка, крепление, нагнетание воды, гидроотжим, самовскрытие, погрузка угля после сотрясательного взрывания и т.п.)	83
ВСЕГО	1236

Таблица 2 – Выбросы угля и газа на крутонаклонных и крутых пластах (за период с 1953 по 2006 гг. без учета БВР в режиме сотрясательного взрывания)

ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ	Количество выбросов
Выемка угля ОМ, обушком	329
Выемка угля комбайном	82
Выемка угля конвееростругом	109
Выемка угля щитовым агрегатом	3
Бурение шпуров, скважин, выбуривание пласта, разбуривание	33
ИТОГО	556

ПРОХОДЧЕСКИЕ РАБОТЫ	
Выемка угля ОМ, обушком	236
Выемка угля комбайном	3
Вскрытие пласта	7
Разбор угля/породы после сотрясательного ВЗ	13
Взрывание шпуров по породе	7
Бурение шпуров, скважин, выбуривание пласта, разбуривание	89
ИТОГО	355
Другие ( разборка породы, крепление забоя, перекрепление, работы не проводились, крепление массива, спуск комбайна, гидроотжим, нагнетание воды, обрушение кровли и т.п.)	90
ВСЕГО	1001

Формирование условий потенциальной выбросоопасности и ее основные факторы безусловно интересны и полезны с научной точки зрения, но с практической точки зрения, с позиции безопасности ведения выемочных работ, наиболее актуальными являются процессы приводящие к проявлению выбросоопасности именно в зоне работы людей и механизмов при выемке угля.

Проведя анализ случаев внезапных выбросов угля и газа в привязке к технологическим процессам особого внимания заслуживает факт соотношения количества выбросов при комбайновой и струговой выемках в лавах пологих и наклонных пластов (Табл.1)

Особенности струговой выемки, применяемой на шахтах Донбасса общеизвестны, но они, особенно организационно, в отдельных случаях недостаточно учитываются при разработке выбросоопасных пластов.

Тонкая полоска угля (сантиметры) вынимается (строгается) достаточно быстро. И если при выемке первой, второй,  $n$  – ой полос перераспределение упругих напряжений происходит практически мгновенно, то их дегазация столь мгновенно не происходит. Очередная  $n + 1$  полоса угля до уровня дегазации, необходимой для предотвращения внезапного выброса, не достигается. Данное обстоятельство еще более усугубляет технологическая реальность искривления линии очистного забоя. Решение по учету влияния этих факторов на безопасную выемку в лавах оборудованных струговыми установками найдено не было. Его заменила безлюдная выемка, что и обусловило значительное число выбросов в лавах при струговой выемке [25, 26].

Из мировой практики известно, что при выемке угля узкозахватными комбайнами в лавах пологих пластов мощностью более примерно 1,6 – 1,8м, в том числе и на шахтах Донбасса, внезапные выбросы происходят крайне редко, и обусловлены они, как правило, наличием геологических нарушений. Экспериментально, в частности на шахте № 21-бис ПО «Макеевуголь» [27], было доказано, что данный факт имеет место это из-за того, что выемка угля производится в зоне отжима [27,28], глубина которого при увеличении глубины разработки и мощности пластов увеличивается.

Вышеотмеченное положение хорошо иллюстрируется графиками анализа статистического материала по случаям внезапных выбросов угля и газа за отмеченный период времени.

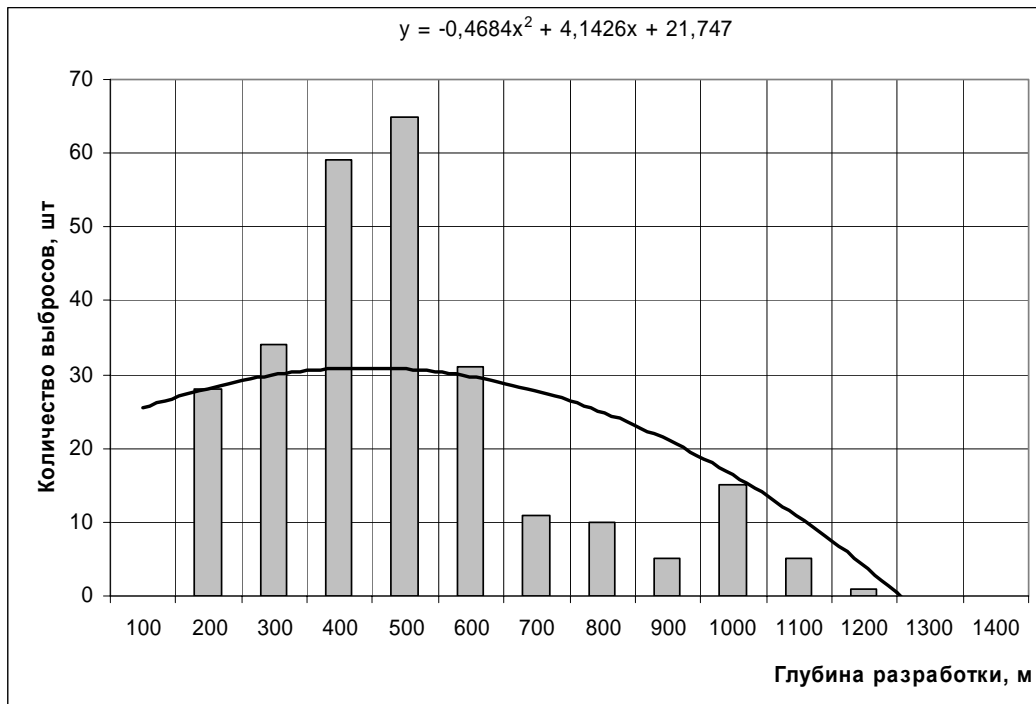


Рис. 2. Изменение количества внезапных выбросов угля и газа в зависимости от глубины разработки (при выемке угля узкозахватными и широкозахватными комбайнами (264 случая) на пластах пологого и наклонного залегания)

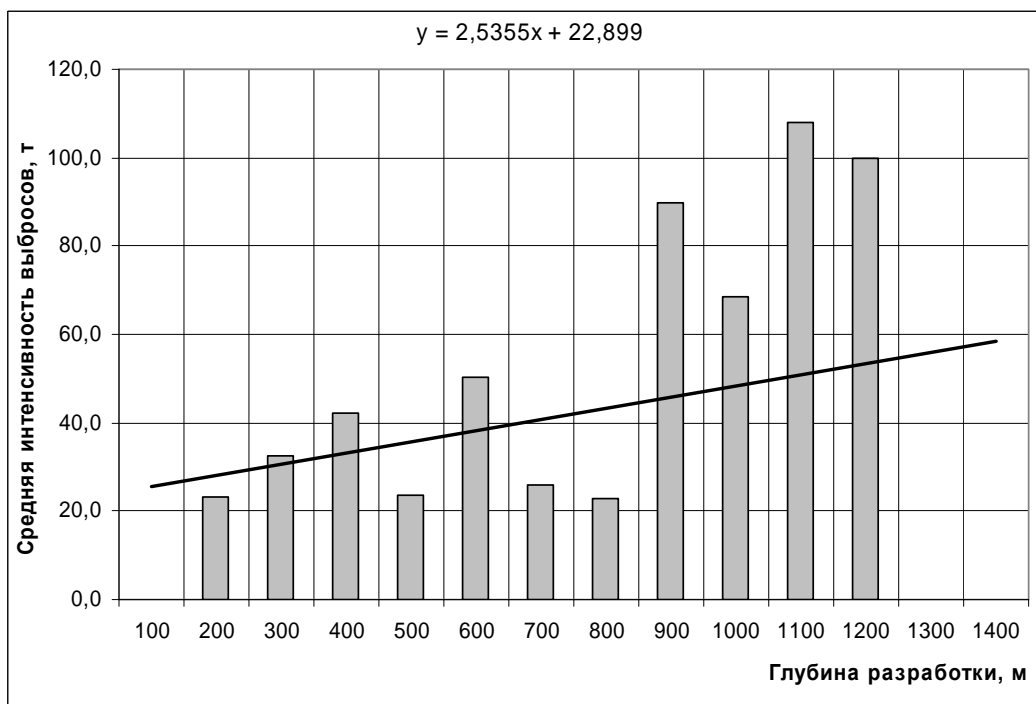


Рис. 3. Изменение средней интенсивности внезапных выбросов угля и газа в зависимости от глубины разработки (при выемке угля узкозахватными и широкозахватными комбайнами (264 случая) на пластах пологого и наклонного залегания)

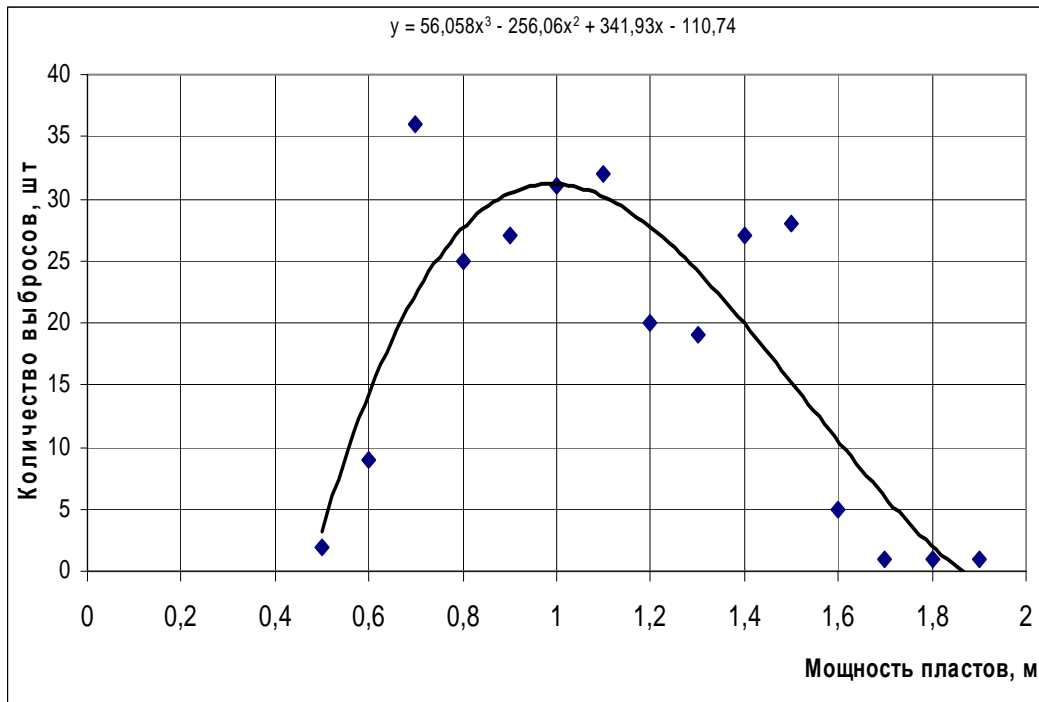


Рис. 4. Изменение количества внезапных выбросов угля и газа в зависимости от увеличения мощности разрабатываемых выбросоопасных пластов (при выемке угля узкозахватными и широкозахватными комбайнами (264 случая) на пластах пологого и наклонного залегания)

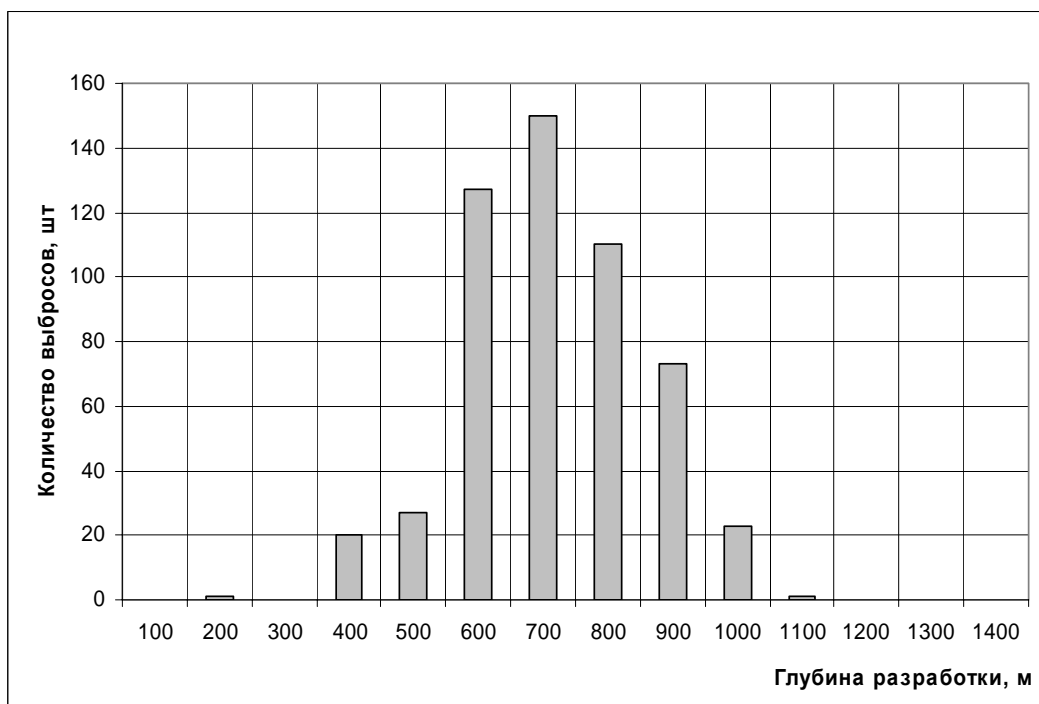


Рис. 5. Изменение количества внезапных выбросов угля и газа в зависимости от глубины разработки (при выемке угля стругом и скреперостругом (532 случая) на пластах пологого и наклонного залегания)

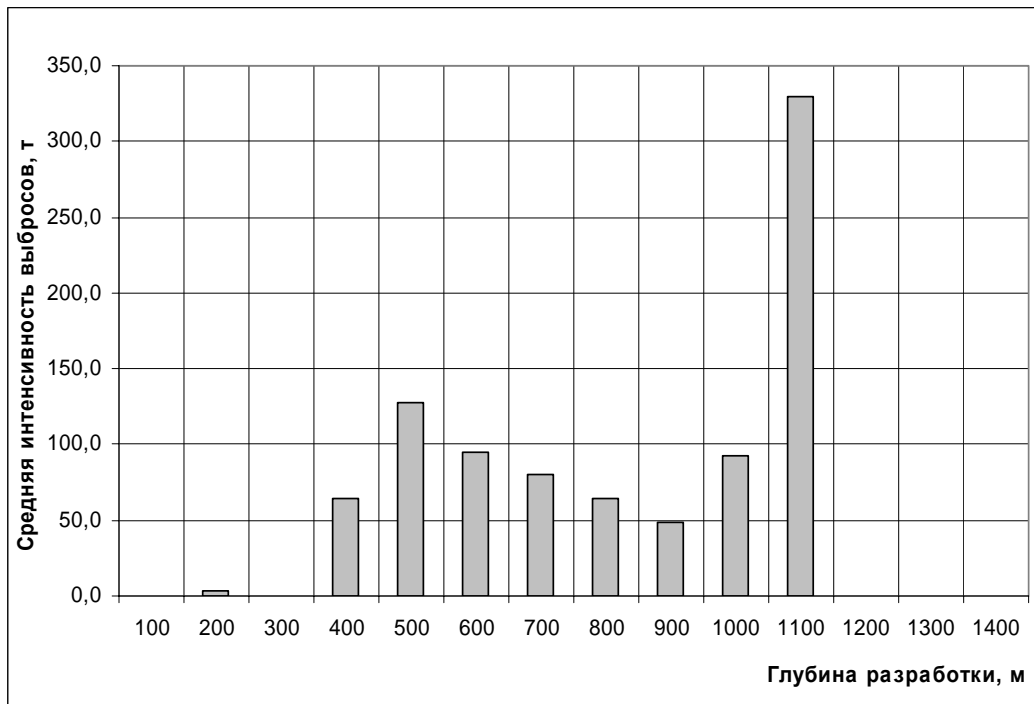


Рис. 6. Изменение средней интенсивности внезапных выбросов угля и газа в зависимости от глубины разработки (при выемке угля стругом и скреперостругом (532 случая) на пластах пологого и наклонного залегания)

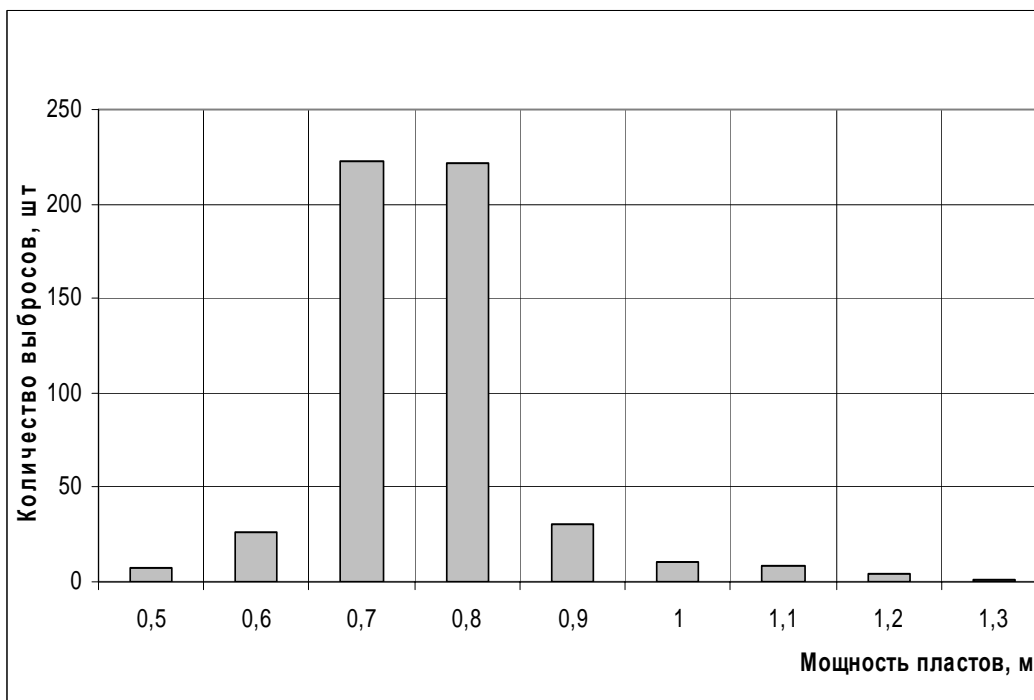


Рис. 7. Изменение количества внезапных выбросов угля и газа в зависимости от увеличения мощности разрабатываемых выбросоопасных пластов (при выемке угля стругом и скреперостругом (532 случая) на пластах пологого и наклонного залегания)

На сегодняшний день, распространено мнение об интенсификации ГДЯ при увеличении глубины ведения горных работ (более 800 м) и о том, что уже на глу-



бине 1000 м все шахтопласты станут выбросоопасными, не подтверждается ни опытом разработки шахтопластов на больших глубинах шахт Донбасса, ни результатами исследований проводимых по данному вопросу. Данный вывод имеет большое значение при рассмотрении перспектив разработки глубоких горизонтов Донбасса.

### Список использованной литературы

1. Материалы совещания по внезапным выбросам угля и газа. – М. – Л.: Углетехиздат, 1952. – 244 с.
2. Научные исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа / Материалы научно-технической конференции по борьбе с внезапными выбросами угля и газа. Ноябрь, 1955, г.Сталино.– М.: Углетехиздат, 1958. – 460 с.
3. Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах / Сборник трудов научно – технического совещания. Декабрь, 1960, г.Донецк. – М.: Углетехиздат, 1962. – 604 с.
4. Бобров И.В. Борьба с внезапными выбросами угля и газа / И.В. Бобров, Р.М. Кричевский. – Киев: Техника, 1964. – 328 с.
5. Внезапные выбросы в угольных шахтах / Сборник трудов V Всесоюзного научно – технического совещания по борьбе с внезапными выбросами угля и газа. – М.: Недра, 1970. – 456 с.
6. Пимоненко Л.И. Исследование влияния глубины залегания, мощности и метаморфизма на выбросоопасность угольных пластов Центрального района. – В кн.: Внезапные выбросы на больших глубинах / Л.И.Пимоненко, О.Д. Стасенко, Г.М. Стосвас. – Киев: Наук.думка, 1979. – С. 117 – 125.
7. Чернов О.И. Прогноз внезапных выбросов угля и газа / О.И. Чернов, В.Н. Пузырев. – М.: Недра, 1979. – 296 с.
8. Ольховиченко А.Е. Прогноз выбросоопасности в глубоких шахтах Донбасса / А.Е. Ольховиченко, Я.Н. Бойко, Ю.А. Зеленский. – Безопасность труда в промышленности, 1981. – №1. – С. 45 – 46.
9. Быков Л.Н. Теория внезапных выделений газов в шахтах и основные меры борьбы с ними (Центральный район Донбасса). – В кн.: Проблемы борьбы с рудничным газом и каменноугольной пылью / Л.Н. Быков. – М.: ОНТИ, 1934. – т.1. – С. 7 – 41.
10. Яровой И.М. Руководство по разработке пластов, опасных по выбросам угля и газа / И.М.Яровой. – М.: Углетехиздат, 1949. – 167 с.
11. Некрасовский Я.Э. Разработка пластов, подверженных внезапным выбросам угля и газа / Я.Э.Некрасовский. – М. – Х.: Углетехиздат, 1951. – 222 с.
12. Моисеев М.А. Влияние глубины разработки на частоту и интенсивность внезапных выбросов угля и газа. – В сб.: техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело, Сб. 5(23), ЦНИЭИ-уголь / М.А. Моисеев, А.П. Буренко. – М.: Недра, 1969. – С. 38 – 39.
13. Балюк И.Г. отработка защитных пластов на глубоких горизонтах шахты №1-5 «Кочегарка». – В сб.: технология добычи угля подземным способом. Сб.3(39) / И.Г. Балюк. – М.: ЦНИЭИуголь, 1970. – №6. – С. 69 – 70.
14. Борисенко А.А. Совершенствование мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа на шахтах Воркутинского месторождения. – В кн.: Внезапные выбросы в угольных шахтах. / Сборник трудов V Всесоюзного научно – технического совещания по борьбе с внезапными выбросами угля и газа / А.А.Борисенко. – М.: Недра, 1970. – С. 126 – 148.
15. Ковач Ф. Повторяемость внезапных выбросов газа в угольных шахтах в зависимости от глубины разработки. / Экспресс – информация «Угольная промышленность» / Ф.Ковач. – М.: 1973. – №46. – С. 16 – 24.
16. Пальм К. Возникновение и формы проявления внезапных выбросов газов / К. Пальм, Ф.Меннекинг. – Глюкауф, 1977. – №10 – С. 5 – 13.
17. Недвига С.Н. Изменение выбросоопасности угольных пластов с увеличением глубины их разработки / С.Н. Недвига, В.Н. Зверев, В.С. Фита. – Уголь Украины, 1976. – №7. – С. 42 – 44.
18. Степанович Г.Я. К вопросу о выбросоопасности угольных пластов на больших глубинах / Г.Я. Степанович, В.И.Николин, В.Н. Недосекин. – Безопасность труда в промышленности, 1970. – №6. – С. 27 – 28.
19. Степанович Г.Я. Газодинамические явления при подготовке глубоких горизонтов / Г.Я. Степанович, В.И.Николин, Б.А. Лысиков. – Донецк: Донбасс, 1970. – 112 с.
20. Вереда В.С. К вопросу о возможных причинах выбросов угля, газа и пород в Донецком бассейне. – В.сб.: Вопросы теории выбросов угля, породы и газа / В.С. Вереда, Б.А. Юрченко. – Киев: Наукова думка, 1973. – С. 301 – 308.

21. Бартош В.Р. Борьба с внезапными выбросами на шахтах комбината Воркутауголь. – В кн.: Внезапные выбросы в угольных шахтах / Сборник трудов V Всесоюзного научно – технического совещания по борьбе с внезапными выбросами угля и газа / В.Р. Бартош. – М.: Недра, 1970. – С. 177 – 181.
22. Ткач В.Я. Влияние глубины на проявление потенциальной выбросоопасности / В.Я. Ткач, Б.Н. Онопчук, В.В. Николин. – Уголь Украины. – 1981. – №5. – С. 33 – 34.
23. Бобров А.И. Изменение степени выбросоопасности шахтопластов на глубине более 800 м / А.И. Бобров, В.В. Николин. – Уголь Украины. – 1986. – №2. – С. 37 – 39.
24. Забигайло В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В.Е. Забигайло, В.И. Николин. – Киев: Наук.думка, 1990. – 168 с.
25. Волошин Н.Е. Выбросы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906 – 2007 гг. (Справочник) / Н.Е. Волошин, Л.А. Вайнштейн, А.М. Брюханов. – Донецк: СПД Дмитренко, 2008. – 920 с.
26. Николин В.И. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений / В.И. Николин, М.П. Васильчук. – Липецк: Роскомпечать, 1977. – 496 с.
27. Николин В.И. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах / В.И. Николин, И.И. Балинченко, А.А. Симонов. – М.: Недра. – 1981. – 304 с.
28. Снижение травматизма от проявлений горного давления / В.И.Николин, С.В. Подкопаев, А.В.Агафонов. – Донецк: Норд – Пресс. – 2005. – 332 с.

*Надійшла до редакції 26.03.2013*

### **Список использованной литературы**

Г.П. Стариков, О.Г. Худолей, С.А. Навка, Д.В. Пілюгін

#### **ПЕРСПЕКТИВИ ВІДРОБКИ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ НА ВЕЛИКИХ ГЛИБИНАХ**

У роботі розглянута гіпотеза впливу глибини розробки на викиди вугілля і газу. Приведений і проаналізований статистичний матеріал по раптових викидах вугілля і газу, що сталися, за останні 60 років. Визначені перспективи відробітку викидонебезпечних вугільних пластів на великих глибинах.

Ключові слова: видобуток вугілля, викид вугілля й газу, гіпотеза, аналіз, дослідження, прогноз

G.P.Starikov, O.G.Khudoliei, E.A.Navka, D.V.Pilugin

#### **PROSPECTS OF WORKING OFF OUTBURST COAL OUTBURST SEAMAT GREAT DEPTHS**

A hypothesis is in-process considered about influence of depth of development on the extras of coal and gas. Statistical material over is brought and analyzed about the happening sudden extras of coal and gas for the last 60. The prospects of working off outburst-prone coal beds are certain on no-bottoms.

Key words: coal mining, surge of coal and gas, hypothesis, analysis, studies, forecast