

Н.Е. Волошин

ОСНОВЫ
ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОЙ
ТЕОРИИ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ
ИСКОПАЕМЫХ И ПОРОД
В ШАХТАХ

The basics of tectonic
theory of fossil minerals
and hardrock outbursts
in mines.

Донецк 2007
СПД Дмитренко

УДК 622.322
ББК 33.181.11
В67

В67 Волошин Н.Е.

Основы тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах. – Донецк: СПД Дмитренко, 2007 – 64 с.

ISBN 978-966-8965-25-8

Изложены результаты исследовательских работ подтверждающие, что выбросы твердых ископаемых и пород в шахтах имеют тектонофизическую природу. На основании этих результатов и данных практики изложены основы тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород. Автор надеется, что данная работа будет полезна преподавателям вузов, готовящих специалистов горного дела, научным работникам, работающим в области проблемы выбросов в шахтах, а также, специалистам, занимающимся разведкой и разработкой месторождений нефти и газа.

Research findings in favor of the tectonic nature of fossil minerals and hard rock outbursts in mines are presented. Tectonic theory of fossil minerals and hard rock outbursts in mines is stated through the findings gained in research and practice. The author believes that his work will be of certain help for university lecturers engaged in mining specialties as well as for researchers dealing with outburst problems in mines.

УДК 622.322
ББК 33.181.11

Компьютерный набор Оглезневой Л.Г.

ISBN 978-966-8965-25-8

© Волошин Н.Е.
© Издательство «Кассиопея»



Heilbrunn

Введение

Выбросы твердых ископаемых и пород в шахтах и рудниках были и остаются одними из самых опасных явлений для жизни подземных горнорабочих. О большой опасности выбросов свидетельствуют статистические данные о гибели горнорабочих от выбросов в шахтах Донбасса. Так, например, за период с 1971 года по 1980 год включительно в шахтах Донбасса при выбросах угля погибло 259 человек.

Борьба с выбросами при подземной разработке твердых ископаемых немислима без знаний истинных причин, тщательного изучения природы и механизма их возникновения.

Со времени появления выбросов угля в шахтах дореволюционного Донбасса, а затем и в шахтах других бассейнов бывшего СССР представителями горной науки предложены различные научные объяснения природы и механизма этих явлений. В свою очередь различия во взглядах на природу и механизм выбросов породили различные, конкурирующие между собой, научные школы, условно которые можно разделить на три группы – «газовые», придерживающиеся взглядов, что в основе причин возникновения выбросов лежит газ, накопленный тем или иным ископаемым в процессе его генезиса (Л.Н. Быков, С.А. Христианович, Р.М. Кричевский и др.). Вторая группа ученых (А.А. Скочинский, В.В. Ходот, Г.Д. Лидин, их ученики и последователи) обосновывала причину возникновения выбросов силами горного давления от веса налегающей толщи пород в сочетании с определенными физико-механическими свойствами подверженного выбросу материала. И наконец, третья группа ученых (И.М. Печук, В.А. Шатилов, И.В. Бобров и др.) причину возникновения выбросов видела в наличии в породах земной коры тектонических напряжений, существенно превышающих напряжения, возникающие от веса налегающей толщи.

Возникновение выбросов породы (песчаников) в шахтах Донбасса в середине 50х годов 20-го столетия в своей основе поколебало позиции этих первых двух групп ученых. Стало очевидным, что ни газа, ни напряжений от веса пород явно недостаточно для разрушения и выброса такой прочной и малогазовой породы какой являются, например, песчаники в шахтах Донбасса.

Все это вместе взятое привело к активизации научного направления работ ученых третьей группы и их сторонников. Ими начался тщательный сбор практических данных о выбросах пород, имеющих научное значение в подтверждение первостепенной роли тектонических напря-

жений в возникновении выбросов угля, породы. Параллельно с этим, несмотря на упорное противодействие первых двух групп ученых, сторонники третьей группы активизировали работу в проведении шахтных экспериментов. Видя несостоятельность ученых первых двух групп в решении научных и вытекающих из них практических задач в деле борьбы с выбросами, сторонники третьей группы нашли поддержку со стороны руководящих работников-практиков угольных организаций и шахт таких как: С.Я. Петренко, [В.А. Воронин], А.А. Сорокин, В.И. Тарасьев, В.В. Платонов, [Л.А. Студенников], [Я.С. Чересло], В.Я. Власенков и др., которые оказывали существенную помощь в сборе научно-практических материалов и в проведении шахтных экспериментальных работ.

Предлагаемые читателю основы тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых в шахтах – это результат многолетних экспериментальных работ непосредственно в действующих выработках шахт Донбасса, выполненных автором совместно с коллегами, а также многолетнего труда автора по изучению работ исследователей, работающих в смежных областях науки (геологии, механики горных пород, физики Земли, кристаллографии, геологии нефти и газа и др.).

О значимости данной работы судить думающему читателю – специалисту горного дела, а также читателю, стремящемуся стать таковым.

1. Общие сведения о выбросах твердых ископаемых и пород в шахтах.

Как уже отмечалось выбросы твердых ископаемых и пород в шахтах и рудниках были и остаются одним из самых опасных явлений для жизни подземных рабочих. В подтверждение этого достаточно сослаться на случай выброса угля с тяжелыми последствиями, который произошел 3 декабря 1959 года на шахте «Ключи 1 - 3» Егоршинского месторождения на Урале при пересечении квершлагом угольного пласта № 11, имеющего мощность 16м, на глубине 370 м от поверхности. В момент выброса была опрокинута вентиляционная струя шахты, у устья ствола в надшахтном здании произошло несколько взрывов метана (См. Рис.1, на котором приведена фотография, одного из таких взрывов). Этот выброс угля повлек за собой катастрофические последствия. После этого

случая выброса шахту пришлось закрыть («законсервировать»).

Во второй половине 20-го века на строящихся и находящихся в эксплуатации глубоких шахтах Донбасса при прохождении полевых выработок начали происходить выбросы пород. Впервые они появились на глубине 750 - 800м. от поверхности, причем только отдельные из них носили характер типичного выброса (с отбросом породы от забоя и расположением ее под углом меньшим естественного откоса, а также образованием полости в породном массиве). Остальные же, происшедшие главным образом при проходке стволов шахт, проявлялись в виде внезапного разрушения и поднятия пород в забоях.



Рис.1 Последствия выброса на шахте «1 - 3 Ключи» Егоршинского угольного месторождения.

Здесь следует отметить, что кроме Донецкого бассейна в бывшем СССР выбросы твердых пород или полезных ископаемых наблюдались в Верхнекамских месторождениях калиевых и магниевых солей (глубина от поверхности 300м), а также во многих зарубежных бассейнах: Франции, Канады, Японии, Польши, Германии, Болгарии, США.

Иногда выбросам породы предшествуют предупредительные признаки в виде гула в породном массиве, выбрасывание породной мелочи при бурении шпуров или скважин. Не исключены также «запоздалые»



Рис.2. Состояние крепи 2-го южного квершлага после выброса породы 8.03.62г. шахты «Щегловская - Глубокая».



Рис. 3 Выброс породы при взрывных работах во 2-м южном квершлага шахты «Щегловская - Глубокая».

выбросы, которые могут возникнуть спустя несколько минут и даже часов после отбойки части горного массива взрыванием. Так, например, на шахте №4 – 21 П.О. «Донецкуголь» в 17-м квершлага выброс породы небольшой интенсивности произошел спустя 15 минут после взрывания шпуров. Первый выброс угля в Донбассе (1906 г.) произошел спустя 30 мин после вскрытия пласта буровзрывным способом.

Интенсивность выбросов песчаников в Донбассе бывает самая различная — от нескольких десятков килограммов до нескольких десят-

ков и даже тысяч тонн. Например, выброс песчаника, происшедший 8-го марта 1962г. во 2-м южном квершлаг шахты «Щегловка - Глубокая» (сейчас она носит название им. Поченкова) П.О. «Донецкуголь», имел интенсивность свыше 2тыс. т. При осмотре выработки после выброса было установлено, что квершлаг на протяжении 10м был засыпан измельченной выбросом породой на полное сечение, а дальше порода расположилась откосом на протяжении 27м. Постоянная крепь – рамы из двутавровых балок №22 – у забоя к моменту выброса забетонированные до половины выработки, оказались полностью разрушенными (см. фото Рис. 2). Положение в квершлаг перед началом уборки выброшенной породы от очередного выброса в этом квершлаг изображено на фотографии (Рис. 3).

Выброшенная из массива порода представляет собою мелкие кусочки в виде пластинок, а иногда в виде гранулированного шлака и песка вперемешку с пластинками размером 3 – 5 см и толщиной до 3 мм. Типичный гранулометрический состав породы после выброса, определенный для пробы весом 1 000кг, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Навеска пробы, кг	Вес (кг) фракций, прошедших через отверстия сит размером, мм											
	60	40	30	22	15	8,5	6	4	2,5	1,5	0,75	0,5
1 000	22,6	119,0	82,5	134,9	168,5	111,6	82,0	85,5	41,6	50,5	19,0	79,2

Среди породной мелочи встречаются куски размером до 50 см и более, причем располагаются они обычно в начале породного откоса (см. фото одного из выбросов породы во 2-м южном квершлаг шахты «Щегловка - Глубокая» (им. Поченкова), Рис. 4). Установлено, что эти куски образовались в результате разрушения призабойной части породного массива, т.е. той части массива, которая была наиболее разгруженной от напряжений пород перед выбросом.

Самым крупным выбросом песчаника в мировой практике проходки горных выработок является выброс, который произошел в скиповом стволе шахты «Слань» (Чехия) при его проходке с помощью БВР на глубине 856 м от поверхности. При этом выбросе песчаника вертикальный ствол, имеющий диаметр 9,9м вчерне, был полностью засыпан измельченной породой до отметки 790м, т.е. на 66м. По ориентировочным подсчетам всего было выброшено в ствол 11 – 12 тыс. тонн измельчен-

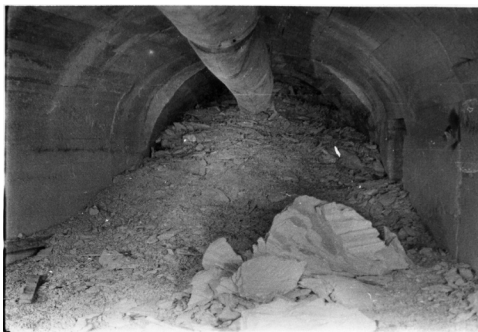


Рис.4 Куски породы размером до 50см и более в конце откоса выброшенной породы во 2-м южном квершлага шахты «Щегловка-Глубокая».

Рис.4 Куски породы размером до 50см и более в конце откоса выброшенной породы во 2-м южном квершлага шахты «Щегловка-Глубокая».

Разрушения выработок были катастрофическими и распространились даже на соседнюю шахту. На шахте Менценграбен была полностью нарушена вентиляция шахты и на 90% разрушено оборудование нового ствола. Кроме этого были выведены из строя кабель и тросы, разрушена вся железобетонная крыша шахтного ствола. В самой выработке были выведены из строя 40 вагонеток, несколько километров рельсовых путей и кабеля, две системы бесконтактного провода, 3 электровоза, несколько вентиляторов и вентиляционные сооружения.

Самый крупный выброс угля в мировой практике разработки угольных пластов подземным способом произошел в Донбассе на шахте

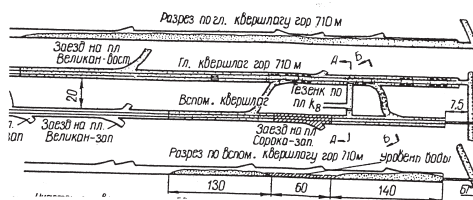


Рис. 5 Последствия выброса угля 13.07.69г. на шахте им. Ю.А. Гагарина ПО «Артем-уголь» на пласте I₃ «Мазурка».

ного песчаника и по таким же расчетам около 10 000 м³ углекислого газа (CO₂).

Здесь нельзя не упомянуть о выбросе калийной соли, который произошел 7 июля 1953г. на шахте Менценграбен район Верра (бывшая ГДР). Рабочие при отбойке калийной соли взрывом находились на поверхности шахты. Во время взрыва ВВ из горного массива было выброшено 100 000т. калийной соли и не-

скольких сотен тысяч кубометров газа (CO₂) [1.]. Так как в подземных выработках не могло поместиться такое количество газа, он с шумом вытекал из обоих шахтных стволов глубиной 520м примерно в течение 25мин.

им. Гагарина ПО «Артем-уголь» 13.07.69 г. при вскрытии пласта I₃ «Мазурка» на горизонте 710м. При этом было выброшено 14тыс т. угля 7 500тыс м³ метана.

Пласт I₃ был вскрыт из главного квершлага с помощью сотрясательного взрывания породной «пробки» с поверхности шахты. В мо-

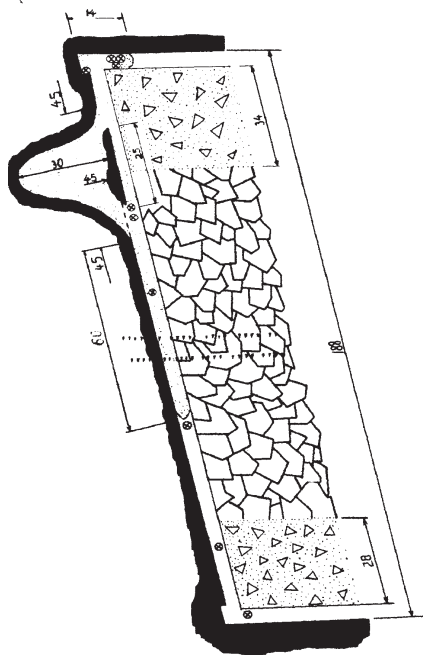


Рис. 6. Последствия выброса угля, происшедшего 26.06.80г. на пласте h_6^1 , «Смоляниновский» шахты им. Сковинского ПО «Донецкуголь».

Сковинского ПО «Донецкуголь» (г. Донецк) на глубине 1050м от поверхности. В месте выброса пласт h_6^1 имел угол падения 8° , мощность – 1,45м. Выброс угля произошел в 3-й восточной лаве (в ее верхней части) в момент передвижки гидрокрепи. При этом было засыпано углем 2/3 лавы и 14 м вентиляционного штрека. Под углем оказалось 7 человек горнорабочих, все они погибли. Еще четыре человека задохнулись в метане. При этом из массива пласта было выброшено 2 000т угля (Рис. 6).

О большой опасности выбросов угля и породы свидетельствуют также статистические данные о гибели горнорабочих в шахтах Донбасса. Так, например, как указывалось выше за период с 1971 года по 1980 год включительно в шахтах Донбасса при выбросах угля погибло 259 человек.

мент проведения сотрясательно-го взрыва в результате происшедшего выброса угля главный и вспомогательный квершлагги горизонта 710м были заполнены измельченным углем на расстоянии 550 и 330м соответственно (Рис. 5.).

Над измельченным углем было свободное пространство по высоте размером 0,3 – 0,7м. Мощность пласта в месте этого выброса угля равнялась 1,03м, угол падения – 67° , в районе вскрытия пласта расположен III Чегарский надвиг. В связи с тем, что вскрытие пласта производилось с поверхности шахты, никто не пострадал. Однако этим выбросом был нанесен значительный материальный ущерб.

Крупный выброс угля с тяжелыми последствиями для горнорабочих произошел 26 июня 1980 года на пласте h_6^1 «Смоляниновский» на шахте им. Сковинского.

2. Исследования выбросов породы и ее напряженного состояния.

После выбросов в породном массиве образуются полости, наибольший размер которых, как правило, ориентирован в крест наслоения пород (вверх - вниз). Анализ положения наибольших размеров полостей 502 выбросов породы, имевших место при строительстве шахты «Петровская - Глубокая» (ныне им. Скочинского П.О. «Донецкуголь») показывает, что подавляющее большинство (412) наибольших размеров полостей расположено вертикально (в пределах $\pm 10^\circ$). Падение пород в шахте «Петровская - Глубокая» равно $10^\circ - 15^\circ$. Статистическая обработка данных о положении наибольших размеров полостей выбросов породы в виде графика распределения приведена на Рис. 7.

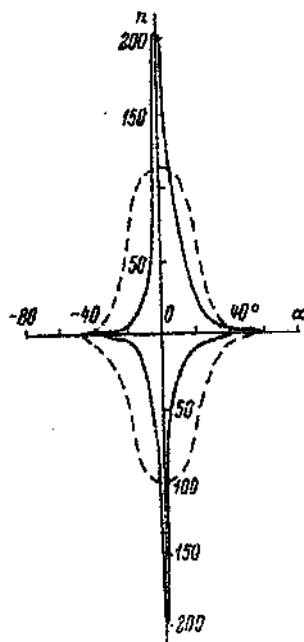


Рис.7 Распределение случаев положения больших осей полостей выбросов пород в поперечном сечении горных выработок. Пунктиром обозначена кривая нормального закона распределения с параметрами натурального.

Как следует из Рис. 7 характер натурального распределения наибольших размеров полостей выбросов имеет острую направленность и не оставляет никаких сомнений абсолютно закономерного вертикального (в поперечном сечении горной выработки) положения наибольшего размера полости выброса породы.

В случае отсутствия особонаправленного напряженного состояния выбросоопасного песчаника необходимо было бы ожидать нормального закона распределения положения наибольших размеров полостей (пунктирная линия на графике Рис.7).

Как отмечалось уже выше, после выбросов в породном массиве образуются полости, на стенках которых всегда имеются расслоенные пластинки песчаника различных размеров (иногда до нескольких квадратных метров). Независимо от ориентировки напластований породы в массиве эти пластины повторяют криволинейную форму полостей (Рис. 8). Форма этих пластин имеет

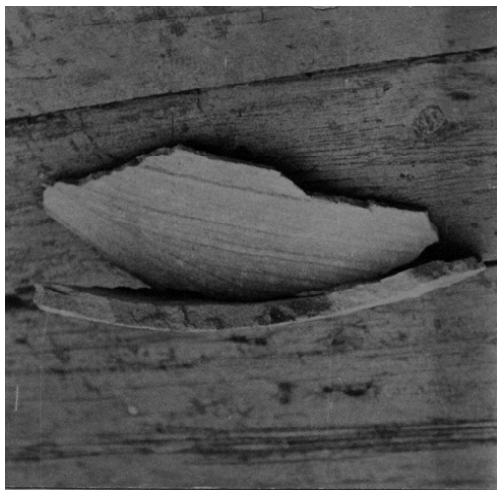


Рис. 8. Криволинейная форма пластин на стенках полостей выбросов породы.

то не трудно предположить, что механизм выброса представляет собой серию скалывающих (сдвиговых) актов. Подробнее об этом содержится в работе [2]. На сколовый (сдвиговый) характер механизма выбросов указывает и факт менискообразной формы дисков, которые образуются при бурении керновых скважин в опасных по выбросам зонах выбросоопасного слоя песчаника (Рис. 9).

В связи с тем, что акт образования диска при бурении керновой скважины аналогичен единичному акту разрушения угля (породы) при выбросе – дискообразование представляет огромный интерес в вопросе



Рис. 9. Форма «дисков», образованных при бурении керновых скважин в опасной по выбросам зоне в выбросоопасном слое песчаника.

принципиальное значение в плане спора ученых в отношении механизма проявления выбросов. Одни из них утверждают, что выброс – это серия отрывов материала от массива в процессе протекания выброса, другие же говорят – что выброс – это серия скола материала в процессе выброса пород под действием касательных напряжений. Если принять во внимание тот факт, что отрыв всегда имеет плоскую поверхность, а пластины на поверхности полостей криволинейную,

познания механизма выброса, что в конечном итоге сводится к установлению теоретических основ разрушения горных пород, находящихся в объемном неравнокомпонентном поле напряжений.

На протяжении шестидесятих годов

20-го века А.Н. Ставрогиным (ВНИМИ) были выполнены фундаментальные экспериментальные работы по исследованиям прочности и деформации горных пород, находящихся в неравнокомпонентном поле напряжений. В созданной А.Н. Ставрогиным установке различные горные породы подвергались напряжениям до

10 000 – 12 000 кг/см² (1 000 – 1 200 МПа). В результате экспериментальных работ А.Н. Ставрогиным «сформулированы новые условия предельных прочных и предельных упругих состояний материалов типа горных пород (в том числе и песчаников шахт Донбасса, включая и выбросоопасные Н.В.), справедливые для широкого диапазона напряженных состояний». «Предложенные новые условия являются обобщением теории прочности максимальных касательных напряжений».

В работе А.Н. Ставрогина [3] показано также, что «совершенно хрупкое разрушение материалов типа горных пород, может наступить при растяжении под боковым давлением, при плоском напряженном состоянии «Растяжение - сжатие»...». В остальных случаях разрушение пород происходит путем сдвига (скола).

Применительно к прохождению горных выработок такое напряженное состояние призабойной части горного массива может иметь место только при его отбойке взрывом. Однако практикам хорошо известны случаи запоздалых выбросов, когда уголь или порода не только не отбивались, но и вообще никаких работ по отбойке угля или породы не производилось.

Совершенно ясно, что нет условий для существенного мгновенного растяжения пород по перпендикуляру к плоскости забоя и при бурении керновых скважин, где керн делится на диски.

Кроме вышеприведенного А.Н. Ставрогин экспериментально установил другие закономерности, имеющие решающее значение для познания природных процессов, происходящих в угленосной толще земной коры, а также процессов формирования в земной коре залежей углеводородных и других флюидов. Им было установлено, что при увеличении значений напряжений в неравнокомпонентном поле и особенно при действии бокового давления увеличивается объем породы, что свидетельствует о ее разуплотнении. При этом «увеличения объема имеют максимум при напряженных состояниях трехосного неравномерного сжатия». «Абсолютные значения увеличения объема в районе максимума могут в несколько десятков раз превышать увеличения объема в условиях объемного сжатия». По мнению А.Н. Ставрогина «... увеличение объема материалов типа горных пород вызвано эффектом раскрытия микротрещин в процессе деформации ». Выводы А.Н. Ставрогина

блестяще подтверждены бурением сверхглубокой скважины СГ – 3 на Кольском полуострове. С увеличением глубины скважины получено разуплотнение базальта с глубины 4 км.

«Исследование газовой проницаемости серии горных пород, нагруженных до разных уровней напряжений при различных видах напряженного состояния, показало, что явление раскрытия микротрещин, сопровождающее процесс деформации, приводит к сильному увеличению коэффициента проницаемости исследуемого материала. По мере увеличения доли бокового давления проницаемость постепенно уменьшается. Максимум объема не совпадает с максимальным значением коэффициента проницаемости. Проницаемость выбросоопасного песчаника Донбасса, при прочих равных условиях, оказалась на порядок выше проницаемости невыбросоопасных пород...»; «... в условиях трехосного неравномерного сжатия наблюдается повышение пластичности горных пород с одновременным ростом предела упругости и предела прочности».

Как следует из экспериментальных работ А.Н. Ставрогина большее увеличение объема пород от неравнокомпонентного сжатия наблюдается в менее пористых породах, в породах имеющих пористость 20 – 25 и более % % увеличения объема нет, наоборот, при неравнокомпонентном сжатии происходит уменьшение объема таких пород. Отсюда есть веские основания утверждать, что увеличение объема малопористых пород в поле неравнокомпонентного сжатия в десятки раз превосходит не за счет раскрытия уже имеющихся пор и трещин, а за счет образования новой трещиноватости с вытекающими отсюда последствиями.

Л. Обертом и Д. Стефенсоном проведено исследование величины и характера напряженного состояния, при котором наблюдалось разделение кернов на диски [4]. Для этого они создали специальную установку, в которой имелась возможность для каждого заданного значения осевого напряжения определять (создавать) максимальное радиальное, при котором керн еще не делится на диски, и минимальное, при котором происходит дискообразование. Среднеарифметическое из этих двух близких по величине значений напряжений и использовалось для получения зависимости радиальных напряжений от осевых, при которых керн разделяется на диски. Оказалось, что эта зависимость имеет вид:

$$S_r = K_1 + K_2 S_0, \text{ где,} \quad (1)$$

S_r , S_0 – радиальное и осевое напряжения, МПа;

K_1 – радиальное напряжение, требуемое для образования дисков при нулевом осевом напряжении, МПа;

K_2 – тангенс наклона прямой.

(Представленное выше уравнение – это уравнение прямой.).

В процессе экспериментальных работ Л. Обертом и Д. Стефенсоном получен ряд других важных для теории и практики результатов. Эти ре-

зультаты приобретают особую ценность, если учесть, что единичный акт отделения диска от забоя скважины идентичен единичному акту хрупкого разрушения твердого ископаемого или пород при протекании выброса.

Основные из этих результатов сводятся к следующему:

- при отсутствии осевых напряжений разделение керна на диски наступает тогда, когда радиальные напряжения достигают значения, равного половине прочности данной породы при одноосном сжатии; если это положение перенести на массив выбросоопасных угольных пластов или слоев пород, то невольно возникает вывод – в угленосной толще Донбасса горизонтальная составляющая напряжений больше вертикальной (возникшей от налегающей толщи пород), в противном случае мы не имели бы разделения кернов на диски в геологоразведочных скважинах, пробуриваемых с поверхности;

- располагая данными о прочности пород, в которых наблюдается дискообразование, и глубине залегания, ориентировочно можно оценить превышение горизонтальных напряжений над вертикальными. Например, при прочности песчаника в котором наблюдается разделение керна на диски, 117,7 МПа и глубине 1 000м можно сделать заключение, что горизонтальные напряжения равны или больше 58,84 МПа, т.е. на 34,32 МПа или более превышают напряжения от толщи вышележащих пород;

- исходя из вышеизложенного наиболее полная реализация напряжений в виде дискообразования будет происходить в том случае, когда радиальная составляющая напряжений строго перпендикулярная к оси скважины (выработки). Отклонение от этой оси будет уменьшать эффект дискообразования, а при одних только осевых напряжениях, как следует из экспериментальных работ Л. Оберта и Д. Стефенсона, диски вообще не образуются.

Если перенести эти закономерности на угленосную толщу, то нетрудно прийти к выводу, что если выработка проводится вкрест простирания пород (именно в плоскости напластований и действуют современные тектонические силы, приводящие к наибольшим напряжениям в прочных породах), то в такой выработке как, например, квершлаг условия для реализации хрупкого разрушения угля или пород будут наиболее благоприятными, поэтому выбросы и другие динамические и газодинамические явления будут происходить наиболее часто и с большой интенсивностью, что и наблюдается в практике прохождения таких горных выработок;

- исходя из экспериментальных работ Л. Оберта и Д. Стефенсона в - угленосной толще должно существовать одно единственное направление, в котором проведение выработок даже в зонах большой выбросоопасности не будет выбросов и других динамических и газодинамических явлений. Это направление – действия наибольших сжимающих тектонических сил, что тоже подтверждается практикой. Производственники могут привести множество примеров когда в явно опасной по выбросам зоне при прохождении горных выработок не происходили выбросы;

- в своей работе Л. Оберт и Д. Стефенсон показали, что величина радиальных напряжений, требуемая для образования дисков, когда осевые напряжения равны нулю, для различных пород имеет наиболее тесную связь ($r = 0,99 \pm 0,01$) с прочностью на срез и возрастает линейно с увеличением ее величины, что свидетельствует о наиболее вероятном механизме разрушения пород (угля) при выбросе в виде среза, а не отрыва, как это утверждается в [5] и др.

В выбросоопасных и не выбросоопасных песчаниках шахт Донбасса на различной глубине от поверхности и от плоскости забоев горных выработок в скважинах 2 – 6 м методом разгрузки (ВНИМИИ) выполнены измерения напряженного состояния пород [6].

При этом почти во всех случаях составляющая напряжений от веса налегающей толщи пород оказалась выше расчетной, горизонтальная же составляющая, как правило, оказывалась выше (больше) вертикальной. При этом есть основания утверждать, что фактическое напряжение в породах значительно больше измеренных величин, т.к. тензометрические датчики наклеивались на торцы скважин после бурения, т.е. на уже несколько разгруженную плоскость торцов скважин.

Несмотря на факт измеренных высоких значений напряжений в породах шахт Донбасса, некоторые противники факта неотектонических напряжений в выбросоопасных песчаниках в работах [5, 7] утверждают, что «существование активных тектонических напряжений опытами не подтверждается, а опровергается..., особенно соотношением вертикальной и горизонтальной составляющих». По мнению авторов [5, 7] эти составляющие равны между собой. Следовательно, на современных глубинах разработки выбросоопасные песчаники находятся в пластическом состоянии, а не хрупком, что противоречит данным практики. Отвечая авторам этих работ В.Е. Забигаило, А.З. Широков, М.С. Белый и др. в [8] пишут, «что при равных или близких друг к другу величинах ошибок измерений отношение измеренной горизонтальной составляющей к вертикальной оставалось бы близким какому-то числу. Это число должно со-

ответствовать коэффициенту бокового распора, значение которого, как известно, изменяется от 0 до 1. Анализ данных измерений напряжений методом разгрузки показывает, что отношение горизонтальной составляющей к вертикальной, за редким исключением, больше единицы, что нельзя объяснить погрешностью метода измерения напряжений».

Чтобы читатель убедился в этом, приводим данные об измеренных напряжениях в слоях выбросоопасных песчаников на одной из шахт Донбасса, разрабатывающей пологопадающие угольные пласты (Таблица 2).

Аналогичные измерения выполнены сотрудниками Киевского Политехнического института (КПИ) П.Я. Галушко, Я.И. Куренковым, Ю.К. Френзе и М.А. Халимовским, [9]. Авторы исследовали напряженное состояние в массиве горных пород в натурных условиях (в различных по геологическому строению бассейнах – в Донбассе и Львовско-Волынском бассейне) в сочетании с лабораторным эталонированием. В Донбассе ими выполнено 10 измерений, во Львовско-Волынском бассейне – 16. Измерения напряженного состояния проводились вне зоны влияния горных выработок в скважинах длиной 5 – 9 м.

Во Львовско-Волынском бассейне, где выбросов не отмечено, измерения выполнены на шахтах №6 «Нововолынская» и №6 «Великомостовская».

На этих двух шахтах результаты исследований напряжений следующие:

среднее значение вертикальной составляющей в песчанике на глубине 335м от поверхности составило 7,5 МПа, т.е. оно практически равно γH , равно расчетному ($\gamma H = 8,4$ МПа).

Таблица 2

№ Скважин	Расстояние от устья скважины до места наклейки тензометрического датчика, м.	Модуль упругости породного образца, кг/см ² .	Коэффициент Пуассона породного образца.	Измеренные напряжения, МПа.		Отношение $\sigma_v/\sigma_{\tau} = \sigma_v/\sigma_{\tau}$	Шахта, Производственное объединение.
				Вертикальная составляющая σ_v , МПа.	Горизонтальная составляющая σ_{τ} , МПа.		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	4.0	$2,6 \cdot 10^5$	0,18	28,0	31,5	1,125	Шахта «Львовская - Глубокая» (им. Сидоренко) ПО «Донецкуголь».
2.	6.0	$3,2 \cdot 10^5$	0,20	37,0	50,0	1,351	
3.	6.0	$2,6 \cdot 10^5$	0,18	43,0	43,0	1,000	
4.	4.0	$2,6 \cdot 10^5$	0,18	72,0	97,5	1,354	
5.	4.0	$3,2 \cdot 10^5$	0,20	67,0	80,0	1,194	
6.	4.0	$3,2 \cdot 10^5$	0,20	75,0	85,0	1,133	
7.	6.0	$3,2 \cdot 10^5$	0,20	78,0	97,0	1,243	

1) Измерения выполнены И.В. Недашковским с участием Н.Е. Волошина (МакНИИ).

Среднее значение вертикальной составляющей на ш. №6 «Великомостовская» в песчанике на глубине 536м от поверхности равно 15,5 МПа, что тоже близко к γ_H ($\gamma_H = 13,4$ МПа).

Иные результаты получены авторами этой работы в шахтах Донбасса (шш. им. Ильича, «Щегловка - Глубокая», «Красный Профинтерн»), опасных по выбросам. Так на шахте им. Ильича вертикальная составляющая напряжений на глубинах 540 и 710м равна 25,0 и 28,0 МПа соответственно, что в 1,85 и 1,58 раза больше расчетной величины, т.е. γ_H .

На шахте «Щегловка - Глубокая» в околоствольном дворе на глубине 915м от поверхности измеренная вертикальная составляющая напряжений равнялась 64МПа, а на расстоянии 2 км в восточном полевом штреке – 33,5 МПа.

На шахте «Красный Профинтерн» средняя величина вертикальной составляющей напряжений на глубине 645м от поверхности - 61,0 МПа.

Средние значения горизонтальной составляющей напряжений по данным работы [9] равны: для шахты «Красный Профинтерн» - 50 МПа (на глубине 645м от поверхности); для шахты им. Ильича – 20 МПа (на глубине 710 м от поверхности); для шахты «Щегловка - Глубокая» - 57,5 МПа (на глубине 915 м от поверхности).

В заключение своей работы авторы [9] отмечают, что величины напряжений, измеренные в шахтах Донбасса, значительно отличаются от значений γ_H в большую сторону.

Анализ результатов измерений напряжений песчаников в шахтах Донбасса показывает, что в угленосных районах бассейна, подверженных выбросам и другим динамическим явлениям, вертикальная и горизонтальная (в плоскости напластований) компоненты напряжений существенно превышают компоненты, возникшие от веса пород (γ_H). С этим феноменом постоянно сталкиваются все те, кто измерял деформации или напряжения пород непосредственно в шахтах Донбасса, опасных по выбросам.

В подтверждение этого сошлемся на два случая измерения деформации песчаников на шахтах «Щегловка - Глубокая» (им. К.И. Поченкова) и им. А.А. Скочинского (Петровка - Глубокая).

На шахте «Щегловка - Глубокая» измерения деформаций песчаника выполнены сотрудниками ИГТМ АН УССР под руководством чл.-кор. АН УССР Ф.А. Абрамова.

Для изучения характера и величины деформаций разгрузки выбросоопасного песчаника при его наработке угольным пластом в забое специально проведенной в песчанике выработки в горизонтальной и вертикальной плоскостях устанавливались реперы, закрепленные в

шпурах длиной 1 – 2 м., расстояние между которыми определялось по мере надработки выработки угольным пластом с помощью индикаторов часового типа.

Хотя нельзя признать, что вокруг выработки в месте закрепления реперов до их установки, частично не произошли необратимые деформации, все же результаты этой работы интересны, так как они дают ясное представление о направлении максимальных напряжений природного поля до надработки песчаника угольным пластом.

В результате этих экспериментальных работ установлено, что деформации песчаника после его надработки пластом угля в вертикальной плоскости составили $6,9 \cdot 10^3$, а в горизонтальной они оказались $12 \cdot 10^3$, т.е. в горизонтальной плоскости песчаник оказался более сжатым, чем в вертикальной.

Аналогичные измерения были выполнены В.Л. Полищуком (МакНИИ) на выбросоопасном и невыбросоопасном слое песчаника при строительстве шахты «Петровская - Глубокая» (им. Скочинского). В данном случае репера устанавливались в забое полевой выработки в скважинах диаметром 52мм и длиной 0,5 – 0,7 м. Разгрузка породного массива осуществлялась с помощью сплошной щели, образованной по контуру выработки на глубину 2,5м. Репера крепились в скважинах цементным раствором на участке 0,7 м от забоя выработки и до устья скважин.

Средние значения относительных деформаций породы в выбросоопасном песчанике в вертикальной плоскости составили $18 \cdot 10^4$, а в горизонтальной $29,5 \cdot 10^4$.

В невыбросоопасном слое песчаника вертикальная компонента относительных деформаций составила $2,9 \cdot 10^4$, а горизонтальная $9,6 \cdot 10^4$ [10].

Натурные измерения напряжений и деформаций горных пород в шахтах, где отмечены проявления выбросов, свидетельствуют о том, что прочные породы подвержены в современном плане неотектоническими силами в плоскости напластований (в горизонтальной плоскости). Величина напряжений в таких породах зависит не только от величины неотектонического воздействия, но и от физико-механических свойств данной породы в данном конкретном месте. Именно этим отличаются, выбросоопасные слои песчаника от невыбросоопасных, свойства песчаника в выбросоопасных зонах от свойств выбросоопасного слоя песчаника в невыбросоопасных зонах.

Анализ результатов натурных измерений напряжений и относительных деформаций пород при их разгрузке от налегающей толщи показывают, что в угленосных районах Донбасса, подверженных выбросам,

как вертикальная, так и горизонтальная (в плоскости напластований) компоненты напряжений существенно превышают напряжения, созданные налегающей толщей пород (γH).

Результаты натурных измерений компонент напряжений выполненных различными исследователями в песчаниках шахт Донбасса представлены на рис. 10... (точки на графиках). Такое напряженное состояние пород можно объяснить только действием в них современных тектонических сил, ориентированных в плоскости напластований или близкой к ней плоскости.

Из рис. 10 также следует, что начиная с глубины 600 – 800м напряженное состояние пород резко увеличивается. Это безусловно должно приводить и к повышению выбросоопасности пород в шахтах, что и наблюдается в практике ведения горных работ. Если до глубины 600 – 750м. в шахтах Донбасса происходили только внезапные поднятия пород, то с глубины 750 м. на ряде шахт Донбасса систематически стали происходить выбросы песчаников, что вполне объяснимо.

Если релаксация напряжений в той или иной породе отстает от их

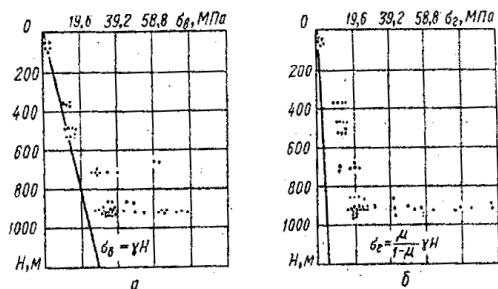


Рис. 10. Изменение напряжений в породах с глубиной шахт Донбасса:

а – вертикальная составляющая напряжений;

б – горизонтальная составляющая напряжений.

для аргиллита – 4,5 суткам. Таким образом, выбросоопасность той или иной породы в шахте связана не только с действием неотектонических сил, но и с реологическими свойствами породы в конкретном месте породного слоя.

Здесь уместно заметить, что феномен перенапряжений пород угленосной толщи Донбасса, в шахтах опасных по выбросам, имеет место и в других районах и месторождениях бывшего СССР и стран мира. Так, например, член кор. АН СССР Кропоткин в своей работе [12] приводит

накопления под действием неотектонических сил, то в такой породе неминуемо будут накапливаться высокие напряжения. По данным [11] вычисленное по средним значениям реологических параметров время релаксации для выбросоопасного песчаника шахт Донбасса оказалось равным 538 суткам, а для невыбросоопасного – 91 суткам,

график изменения напряжений в породах кристаллического фундамента и складчатых областей с увеличением глубины (рис. 11).

Анализируя данные этого графика можно сделать следующие выводы:

1. Сумма составляющих горизонтального напряжения σ_x и σ_y (линия АВ) значительно превосходит значения удвоенных расчетных напряжений от толщи вышележащих пород (линия ОС), что свидетельствует о преобладающих по величине напряжений тектонического происхождения, ориентированных в горизонтальной или близкой к ней плоскости.

2. Высокие сжимающие напряжения в горизонтальной плоскости могут иметь место в прочных породах даже непосредственно у поверхности.

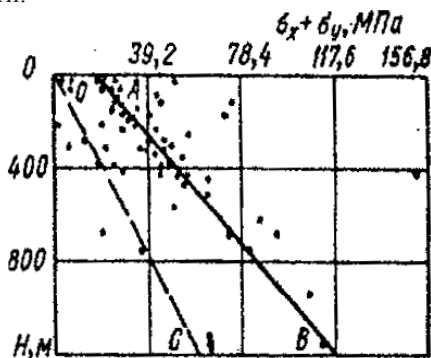


Рис. 11. График изменения горизонтальных напряжений в породах кристаллического фундамента и складчатых областей с увеличением глубины (σ_x, σ_y - составляющие горизонтальных напряжений).

Именно этим можно объяснить проявление выбросов угля в шахтах Донбасса на глубинах 26 – 106 м от поверхности [13] и внезапное разрушение мрамора в карьерах Вермонта (США) и гранита в Болгарии.

Исходя из результатов тектонофизических исследований выбросоопасность твердых ископаемых и пород обусловлена двумя основными факторами – это их неотектонической напряженностью в плоскости напластований и реологи-

ческими свойствами непосредственно связанными с такой характерной напряженностью ископаемых и пород.

Ю.П. Зубаревым при проведении полевых выработок по выбросоопасным слоям пород установлено, что кроме наличия в этих породах мелких геологических нарушений они отличаются изменчивой мощностью и невыдержанным залеганием – практически повсеместно при проведении выработок встречаются раздувы, пережимы и изгибы слоев.

Совершенно очевидно, что характер этих структур пород можно изучить только при условии их полного обнажения. Однако это на практике не всегда удается, т.к. горными выработками вскрываются только отдельные части названных структурных форм (раздувов, пережимов,

изгибов слоев пород). Поэтому исключительно большой интерес представляет изучение мелких структурных форм, полностью вскрываемым горными выработками.

Результаты изучения мелких структурных форм по мнению Ю.П. Зубарева распространяемы и на крупные структурные формы. Различия будут лишь количественные.

Мелкие структурные формы выбросоопасных слоев песчаника Ю.П.Зубаревым изучались при их пересечении полевыми выработками на строящейся шахте «Петровка - Глубокая» (ныне им. Скочинского). Установлено, что в местах пережимов слоев песчаника их мощность в 4 – 10 раз меньше, чем в местах раздува этого же слоя.

В опасных по выбросам зонах выбросоопасных слоев наблюдаются пологие тектонические трещины надвигового характера со смещением от одного до нескольких сантиметров (см. Рис. 12 «а», «б»). В слоях неопасных по выбросам, имеют место первичные трещины, реже тектонические отрывные (Рис. 12 «в»), вдоль плоскостей которых иногда имеются микросбросы с амплитудами в несколько сантиметров (Рис. 12

«г»). Первичные трещины часто заполнены кальцитом.

Надвиговый характер пологих тектонических трещин выбросоопасных слоев и отрывные трещины невыбросоопасных слоев свидетельствуют о том, что первые испытывали сжатие, а вторые растяжение вдоль наслоения пород (в месте исследований).

Кроме того, выбросоопасные слои по сравнению с неопасными по выбросам преимущественно более мощные. Видимо в условиях бокового сжатия при наличии больших напряжений в выбросоопасных слоях возникают пережимы и раздувы, что приводит к волнистости залегания вмещаю-

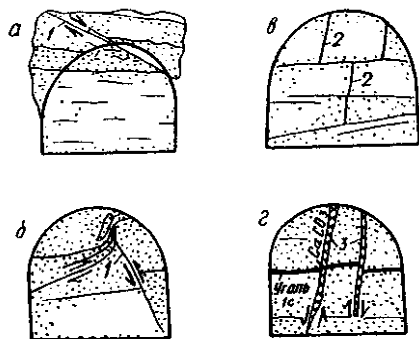


Рис. 12. Схема залегания пород и вид трещин в выработках околоствольного двора 1-го первого западного вентиляционного двора шахты «Петровская - Глубокая»:

а – грузовая ветвь ствола;
б – обходная выработка ствола;
в, г – западный полевой откаточный штрек.

1 – сколовые трещины надвигового характера;

2 – первичные трещины;

3 – микросброс.

щих менее мощных слоев. Кроме этого, исходя из тектонофизических воззрений на природу выбросов пород в местах раздувов слоев песчаников прилегающие к ним менее прочные слои пород и угольные пласты должны выдавливаться в участки с меньшей их напряженностью. Таким образом, менее прочные породы и угольные пласты должны иметь в местах раздувов песчаника несколько меньшую мощность. Направление осей пережимов, раздувов и тектонических трещин надвигового характера согласны между собой и с направлением геологических нарушений, отмеченных на угольных пластах вышележащих шахтных полей.

Микроскопические исследования показали, что выбросоопасные слои имеют крупность зерен породообразующих минералов до 200 – 300 мк и характеризуются большим содержанием кремнистого цемента. Невыбросоопасные слои мелкозернистые, размер зерен породообразующих минералов в них 100 – 150 мк, более слюдистые, с глинисто-серицитовым цементом. В пределах раздувов и особенно в их центре породы выбросоопасных слоев отличаются большим содержанием кварца в результате замещения им других минералов и цемента. В таких местах, как правило, происходят выбросы породы исключительно большой интенсивности и частоты.

Из Рис. 13 «б» видно распределение зерен по крупности и процентное их содержание в зависимости от формы залегания пород. В местах пережимов выбросоопасного слоя породы более карбонатные, так как здесь кварц и полевые шпаты замещены карбонатом. При этом цемент главным образом карбонатный.

Выбросонеопасные слои пород, прилегающие к пережимам выбросоопасного слоя, сами по себе более крупнозернистые, а прилегающие к раздувам – более мелкозернистые.

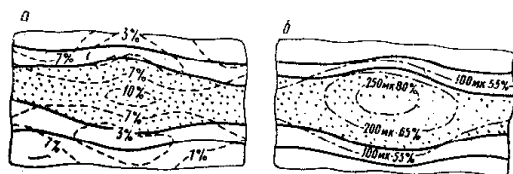


Рис. 13. Схемы распределения размеров зерен породообразующих минералов и пористость пород в зависимости от условий их залегания:

а – пористость пород;

б – размер зерен и процентное содержание породообразующих минералов в зависимости от формы залегания пород.

Установлено, что пористость выбросоопасных и невыбросоопасных пород неодинаковая и неравномерная. Распределение пористости в выбросоопасных слоях песчаника показано на Рис. 13 «а». При спокойном залегании пес-

чаников по их простиранию пористость распределяется относительно равномерно и на глубине 800 – 1200 м от поверхности равна 6 – 7%.

Изложенные результаты исследований кроме научного значения имеют большое значение для практики. Замечено, что в месте раздувов прилегающие к слою песчаника менее прочные слои пород выдавливаются в смежные участки угленосной толщи и тогда расстояние между слоем песчаника и, например, кровлей лавы уменьшается. Иногда слой песчаника из-за этого появляется непосредственно в кровле или почве лавы. Такое положение будет указывать на опасность внезапной разгрузки напряженного в плоскости напластований слоя песчаника в рабочее пространство выработки. Именно это и произошло 20 сентября 2006 г. в 13й восточной лаве пласта I₁ на шахте им. А.Ф. Засядько, о чем более подробно будет написано ниже.

Результаты исследований механических свойств песчаников, проведенных в лаборатории на образцах, отобранных из выбросоопасных и невыбросоопасных слоев, представлены в таблице 3.

Таким образом поскольку выбросоопасные песчаники менее прочны по сравнению с невыбросоопасными (в местах раздувов, т.е. в местах опасных зон, эти различия будут еще большими) и обладают большей упругостью, они способны под действием неотектоники аккумулировать в себе энергию, которая при прохождении горных выработок и реализуется в виде выброса породы.

Таблица 3

Слой песчаника.	Среднее значение предела прочности слоев песчаника.		Среднее значение модуля упругости E, МПа.
	При растяжении образцов, МПа	При сжатии образцов, МПа	
<u>Выбросоопасные</u> <u>Невыбросоопасные</u>	4,5 – 6,5 6,3 – 10,8	114,0 – 117,0 119,0 – 134,0	0,35 · 10 ⁵ 0,22 · 10 ⁵

3. Общепланетарные факторы повышающие или понижающие напряжения в твердых ископаемых и породах.

Кроме рассмотренных выше длительно действующих внутрипланетарных факторов, приводящих к возникновению в отдельных участках горного массива высоких неравнокомпонентных напряжений в плоскости напластований (в горизонтальной или близкой к ней плоскости) объективно существует и ряд других факторов, общепланетарных, которые приводят к периодическим усилениям или ослаблениям высоких напряжений неотектонического происхождения, и как следствие этого, к увеличению или уменьшению в определенные периоды времени динамических и газодинамических явлений в шахтах.

По данным исследований М.В. Стоваса, вековое замедление вращения Земли наряду с внутриземными факторами приводит к накоплению в земной коре высоких напряжений. Причем, как показано выше, наиболее существенными для возникновения динамических и газодинамических явлений в шахтах возможно только накопление напряжений в плоскости напластований (в горизонтальной или близкой к ней плоскости). Накопление вертикальных напряжений, превышающих γH , может иметь место только в пределах не превышающих прочность наиболее прочных пород на растяжение.

Кроме этого давно подмечена сезонная нестабильность выбросоопасности угольных пластов и пород в Донбассе. С позиций тектонофизической теории выбросов она объясняется увеличением или ослаблением напряженного состояния угленосной толщи в определенные периоды. Одной из причин такого состояния земной коры может быть нестабильность вращения планеты Земля. При замедлении вращения напряженное состояние земной коры в вертикальном направлении должно увеличиваться, а при ускорении, вследствие возникновения центробежных сил, уменьшаться. Исходя из этого в периоды замедления вращения Земли выбросоопасность в шахтах (особенно малопрочных ископаемых) должна увеличиваться, а при ускорении вращения планеты – несколько уменьшаться.

В соответствии с работой [14] наибольшее уменьшение скорости вращения Земли наблюдается в марте – июне с максимумом в апреле, а увеличение, исходя из многолетних наблюдений, приходится на июль – октябрь с максимумом в августе.

Чтобы прояснить вопрос влияния сокращения угледобычи на изменение количества выбросов в разные периоды года необходимо иметь

сведения о помесечной добыче из опасных по выбросам пластов. Однако таких сведений нет. В связи с этим нами собран и проанализирован статистический материал (за 6 лет – с 1975 по 1980г) о помесечной общей добыче угля в ПО «Донецкуголь». Это объединение наиболее крупное в отрасли, в него входили 20 шахт и шахтоуправлений, из них 11 отработывали пласты, опасные по выбросам угля. Поскольку по данным МакНИИ около 50% угля в Украинском Донбассе добывается из выбросоопасных пластов, закономерности сезонных колебаний угледобычи полагаем соответствуют колебаниям общей добычи как в ПО «Донецкуголь», так и в других объединениях и отдельных шахтах.

Сведения за 1975 – 1980г.г. о суммарной помесечной добыче угля в ПО «Донецкуголь»: январь – 11,2 млн.т., февраль – 10,7, март – 11,1, апрель – 11,1, май – 10,3, июнь – 10,7, июль – 10,8, август – 10,7, сентябрь – 10,6, октябрь – 10, ноябрь – 10,3, декабрь – 11,5 млн.т.

Анализируя эти данные видим, что в марте – июне, на которые приходится наибольшее уменьшение скорости вращения Земли, суммарная месячная добыча составила 43,2 млн.т., а в месяцы наибольшей скорости вращения (июль – октябрь) 42,1 млн.т.. Отличия в добыче угля в весенний период от летнего составляет 3%, а из выбросоопасных пластов – 1,5%. Общее же количество происшедших выбросов угля и породы за указанные периоды достигает 3351 и 3042, т.е. разница 9,2%. Поэтому есть основания утверждать, что уменьшение количества выбросов в летний период на 7,7% (оно произошло, главным образом, за счет выбросов угля) можно отнести за счет увеличения скорости вращения Земли, т.е. снижения напряженного состояния ее коры и угольных

пластов в том числе.

Графически связь колебаний угловой скорости вращения Земли с общим количеством происшедших выбросов угля и пород (песчаников) в шахтах Донбасса изображена на Рис. 14. Ломаная линия 1 представляет собой график общего количества выбросов, происшедших в шахтах Донбасса помесечно в послевоенный период. К

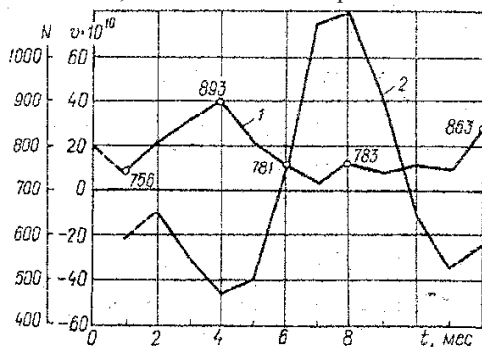


Рис. 14. Связь сезонных колебаний скорости $V \cdot 10^{10}$ вращения Земли с количеством N происшедших выбросов угля, породы во времени t .

учету не приняты выбросы угля и пород, о которых нет достоверных сведений о дате их возникновения и др. Цифры – количество выбросов на момент учета. Кривая 2 представляет сезонные (внутригодовые) колебания угловой скорости вращения Земли. Как следует из рис. 14 общее количество выбросов значительно больше в период замедления вращения Земли и в среднем равно 816,5 в месяц против 760 выбросов при увеличении скорости вращения Земли.

Нами в работе [15] обращено внимание на то, что неравномерное вращение Земли должно отразиться не только на общем количестве выбросов в шахтах и рудниках, но и в их интенсивности, измеряемой количеством выброшенной в горную выработку горной массы (ископаемого или породы), т.

Для проверки этого предположения из имеющихся в распоряжении авторов работы сведений о выбросах угля и породы (песчаников) в шахтах Донбасса была сделана статистическая выборка, данные которой представлены в таблице 4.

Из анализа данной таблицы следует, что средняя интенсивность выбросов угля в весенние месяцы (март – апрель – май) по сравнению с летними (июль – август – сентябрь) на 13 т больше, а по отдельно взятому пласту K_3 «Дерезовка» в Центральном районе Донбасса (ЦрД) она еще больше и составляет 64,7 т. в то время как средняя интенсивность выбросов пород (песчаников) весной наоборот по сравнению с летним периодом на 43 т. меньше, что свидетельствует о якобы отсутствии связи нестабильности выбросоопасности угольных пластов и породных слоев с нестабильностью вращения Земли.

Однако, если принять во внимание различную прочность и хрупкость (реологические свойства) угля и песчаников, то противоречия здесь нет. Согласно [11] период релаксации напряжений для аргиллита составляет 4,5 суток. Следовательно, для угля, особенно для пластов средней стадии метаморфизма, он значительно меньший и будет длиться приблизительно одни сутки. Для выбросоопасных же песчаников он равен 538 суток.

Поэтому в марте – апреле – мае вертикальная составляющая напряжений в угольном пласте будет увеличиваться синхронно замедлению вращения Земли достигая величины γ_H . Горизонтальная составляющая напряжений по причине быстрой их релаксации без учета тектонических факторов практически увеличиваться не будет.

Другая ситуация в характере и величине напряженного состояния складывается в слоях выбросоопасных песчаников с высокими неотектоническими напряжениями в плоскости напластований (в горизонталь

Таблица 4

Выбросы угля, пород (песчаника) в шахтах Донбасса	Количество случаев	Месяцы года	Средняя интенсивность выбросов, т.
Выбросы угля	500	Март – апрель - май	153,0
То же	500	Июль – август – сентябрь	140,0
Выбросы угля на пласте К₃ «Дерезовка», (ЦРД)	46	Март – апрель - май	190,0
То же	45	Июль – август – сентябрь	125,3
Выброс породы (песчаника)	500	Март – апрель - май	304,8
То же	500	Июль – август – сентябрь	347,8

ной или близкой к ней плоскости), обладающих периодом релаксации 538 суток [11]. Отсюда при замедлении вращения Земли уже имеющиеся в песчаниках высокие напряжения в плоскости напластований (или близкой к горизонтальной), будут увеличиваться только на величину бокового отпора, что для таких пород как песчаники по ориентировочным расчетам составляет 10 – 11 %.

В июле – августе – сентябре вследствие увеличения скорости вращения Земли и возникновения центробежных сил вертикальные напряжения в угольных пластах уменьшаются, а в горизонтальной плоскости они хотя и увеличиваются, но быстро релаксируются. Естественно, соответственно уменьшению напряженного состояния угольных пластов сокращается в них и общее количество выбросов угля и их интенсивность. Но так как при ускорении вращения Земли составляющая напряжений слоев песчаника в плоскости напластований (или близкой к горизонтальной) возрастает и значительно опережает скорость релаксации этих напряжений, то средняя интенсивность выбросов песчаника, как это и подтверждается данными таблицы 4, на 43 т. увеличивается, что связано с превышением прироста горизонтальной составляющей (в плоскости напластований) напряжений от горизонтального ускорения приповерхностных слоев пород земной коры над уменьшением вертикальной составляющей напряжений от возникновения центробежных сил.

Если имеется влияние сезонной нестабильности скорости вращения Земли на напряженное состояние приповерхностных прочных пород и в конечном итоге на их выбросоопасность, то тогда контуры полостей выбросов пород в вертикальных выработках шахт и рудников должны иметь определенную ориентировку. В работе [2] приведены контуры полостей выбросов пород, происшедших в разные годы в 22-х вертикальных выработках шахт и рудников, Рис 15. Как видно из Рис. 15 все контуры полостей

тей выбросов пород имеют больший размер полости ориентированный в меридиональном направлении, что указывает, исходя из закономерностей механики горных пород, на факт существования в данных породах наибольшей составляющей напряжений в широтном направлении, т.е. косвенно подтверждается связь величины и характера напряженного состояния пород с ратационным режимом вращения Земли.

Нет сомнения, что образование каверн в этом же направлении следует ожидать на стенках глубоких и сверхглубоких скважин, пробуренных с поверхности земли.

Таким образом изложенное выше: 1) дает возможность научным работникам лучше понять природу выбросов, понять факторы, вызывающие выбросы твердых ископаемых и пород в шахтах и рудниках;

2) дает возможность практикам заблаговременно принимать меры по усилению мер недопущения выбросов в шахтах и рудниках.

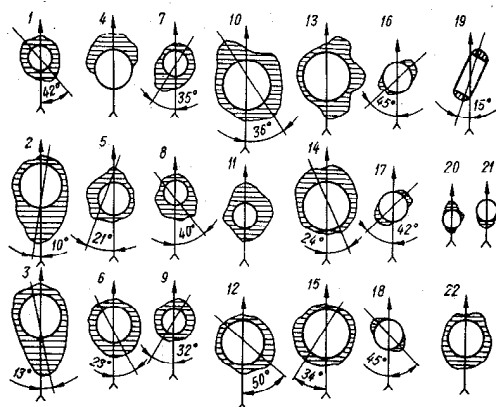


Рис. 15. Контуры полостей, образовавшихся после динамических явлений:

1, 4 – 15 – в стволах шахты им. А.А. Скочинского ПО «Донецкуголь»;

2, 3 – в воздухоподающем стволе шахты «Октябрьский рудник» ПО «Донецкуголь»;

16 – 19 – в рудопусках, клетевом стволе и восстающем гезенке рудника «Расвумчор» (Кольский полуостров);

20, 21 – в стволах шахты им. М. Горького ПО «Донецкуголь»;

22 – в воздухоподающем стволе шахты им. А.Г. Стаханова ПО «Красноармейскуголь»;
(стрелка указывает на Северный полюс).

Наблюдения за колебаниями скорости вращения Земли и горизонтальными движениями земной коры показывают, что при скачкообразном увеличении скорости вращения Земли максимальный сдвиг земной коры происходит в восточном направлении, а при резком замедлении – в западном, т.е. как при увеличении скорости вращения Земли так и при ее резком замедлении наблюдается горизонтальное (широтное) сжатие пород земной коры.

По наблюдениям астронома Н.Н.Стойко величина такого сдвига между Парижем и Вашингтоном составляет в период увеличения или замедления скорости вращения Земли около 5 м.

4. Тектонофизическая теория выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах. Механизм выброса.

В период протекания выбросов в шахтах наблюдается хрупкое разрушение ископаемого или породы и отброс его в горную выработку за относительно короткий промежуток времени. Причем разрушение начинается на забое и носит лавинообразный характер.

Натурных экспериментальных работ, посвященных непосредственному исследованию механизма возникновения и протекания выбросов твердых ископаемых до настоящего времени нет. Исключением являются работы (недостаточные Н.В.) И.В. Боброва [16]. Специалисты, занимающиеся вопросами исследований выбросов, делают многочисленные попытки описания природы и механизма возникновения последних исходя только из умозаключений или лабораторных экспериментальных работ или общих представлений теории прочности материалов.

Из курса сопротивления материалов известно, что высокие сжимающие напряжения сами по себе не могут привести к разрушению материала. Последний может разрушаться путем только отрыва или среза. Уже на протяжении почти двухсот лет идет борьба мнений о механизме разрушения материала как о явлении отрыва или среза. За это время предложен ряд теорий прочности для случаев хрупкого и пластического разрушений, но ни одна из них не может удовлетворительно объяснить причину изменения вида разрушения в зависимости от изменения характера напряженного состояния и условий нагружения материала. Объяснению этой причины в большой мере способствовали работы Н.Н. Давиденкова и Я. Б. Фридмана, которые создали объединенную теорию прочности материалов являющуюся синтезом теории наибольших касательных напряжений и теории наибольших удлинений.

Существенное дополнение внес в этот вопрос А.Н. Ставрогин, который сформулировал и проверил на широком круге неоднородных материалов новые условия предельных прочных и предельных упругих состояний, являющихся обобщением теории максимальных напряжений. Им показано, что хрупкое разрушение горных пород в виде отрыва имеет место только в одном случае, когда минимальное напряжение $\sigma_{\min}$ является растягивающим, а максимальное $\sigma_{\max}$ сжимающим и отношение $\sigma_{\min}$ к $\sigma_{\max}$ таково, что пределы прочности и упругости горной породы уравниваются между собой. Во всех остальных случаях первопричиной разрушения - является сдвиг. Случай, когда может произойти

уравнивание пределов прочности и упругости горной породы, является редким. В практике ведения горных работ он может, по видимому, иметь место при взрывных работах в забое горной выработки. Именно в момент отбойки породы взрывом на вновь образованном забое упругое смещение породы в сторону выработки может иметь форму импульса.

Однако, как показывают сейсмоакустические наблюдения при взрывных работах, процесс выброса зачастую отстает от момента отбойки породы или угля взрывом на 0,2 – 1,3 с., в то время как максимальные смещения породных масс в сторону выработанного пространства должны происходить со скоростью проявления упругой деформации, т.е. практически мгновенно. Кроме этого известно из практики, что много выбросов угля зарегистрированы спустя минуты, часы и даже сутки после воздействия на забой. Кстати первый выброс угля в Донбассе произошел на шахте «Новая Смолянка» в 1906г. спустя 30 мин после вскрытия пласта взрывом [17].

Не в пользу механизма выброса в виде отрыва говорят и данные о прекращении «стреляний» и горных ударов в случае проведения выработок в направлении наибольших сжимающих напряжений. В этом случае реализация разрушения пород в виде отрыва должна быть наиболее благоприятной, однако, как следует из работы [18], проявление динамических явлений в таких выработках или затухает или же полностью прекращается. Это же положение подтверждается и уже упоминавшимися выше опытами Л.Оберта и Д. Стефенсона, которые установили, что при высоких неравнокомпонентных напряжениях пород выбуриваемый из них керн в направлении наибольших сжимающих напряжений не делится на диски.

Одним из критериев для познания механизма выброса может служить внешний вид материала после его разрушения при выбросе – форма кусков твердого ископаемого или пород, направленность и вид трещин на стенках полости выброса, степень измельчения выброшенного материала, вид поверхности разрушения и т.п. Например, разрушению путем отрыва присущи прямолинейная поверхность площадок разрушения, которые ориентированны перпендикулярно к растягивающим напряжениям. Отрыв никогда не происходит по криволинейным плоскостям, причем скорость деформации не отражается на величину сопротивления отрыву. Это означает, что разрушение отрывом с одинаковым успехом наступит как при медленном так и при быстром деформировании материала (породы). Разрушение путем сдвига возникает под действием касательных напряжений и существенно зависит от скорости деформирования материала (породы). Сдвигу предшествуют, как правило, опре-

деленные пластические деформации, которые существенно зависят от скорости нагружения. При больших скоростях нагружения материалы разрушаются путем так называемого хрупкого среза, т.е. разрушение происходит без предварительного значительного деформирования, что и присуще процессу выброса породы.

Как показано в работах Р. Квапила и И.М. Петухова и других авторов, при больших скоростях нагружения хрупкий срез обусловлен отставанием развития пластических деформаций от скорости нарастания касательных напряжений.

Разрушению от касательных напряжений характерны криволинейные поверхности, на которых зачастую наблюдаются полосы скольжения, чего нет при отрыве*).

Наблюдения за внешним видом поверхностей разрушения (см. Рис. 8.) песчаников после выбросов, закономерности мест расположения полос выбросов пород (см. Рис. 7.), результаты исследований характера напряженного состояния, при котором происходит разделение кернов на диски и форма дисков Рис. 9 свидетельствует в пользу сдвига как первопричины разрушения твердых ископаемых и пород при выбросах в шахтах. Кстати Л. Оберт и Д. Стефенсон в своих исследованиях показали, что величина радиальных напряжений, требуемая для образования дисков, когда осевые напряжения равны нулю, для различных пород имеет наиболее тесную связь ($r = 0.99 \pm 0.01$) с прочностью на срез и возрастает линейно с ее увеличением.

Если бы разрушение твердого ископаемого или пород в период выброса происходило в виде отрыва, обусловленного мгновенной разгрузкой призабойной части горного массива, то время и скорость процесса выброса должны иметь скорость, например, равную или близкую скорости упругой деформации данной породы, которая, как известно, вычисляется по формуле

$$V = (Eg)/\gamma, \quad (2)$$

Где: E - модуль упругости данной породы;

g - ускорение свободного падения;

γ - плотность породы.

**) В случае предварительного освобождения от напряжений призабойной части массива. Такое разрушение начинается на некотором расстоянии от забоя, чем и объясняется в некоторых случаях отброшенного или выдавленного неразрушенного призабойного массива в рабочее пространство выработки.*

Так, например, при модуле упругости выбросоопасного песчаника $E = 3,5 \cdot 10^5$, $\gamma = 0,0028 \text{ кг/см}^3$, $g = 981 \text{ см/сек}$ скорость упругой деформации будет равна 1107 м/сек. Если учесть, что модуль упругости здесь принят статистический и неучтена его зависимость от анизотропии пород, то фактическая скорость упругой деформации значительно большая.

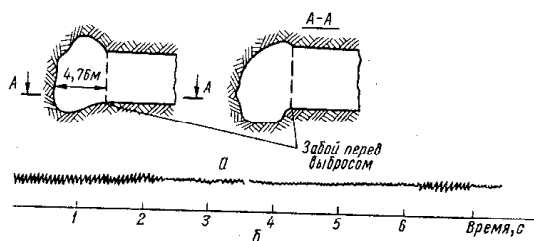


Рис. 16. Контуры образовавшейся полости и сейсмограмма выброса, происшедшего во 2-м южном квершлага шахты им. К.И. Печенкова.

Исходя из этого при длине полости 4,76м, образовавшейся при выбросе породы на шахте им. Печенкова П.О. «Макеевоуголь» (см. рис. 16 а) продолжительность выброса должна быть равна 0,004 сек. Фактически же по данным сейсмоакустических наблюдений она составляла 2,3 сек. (см. Рис. 16 б). Характерно, что после разрушения породы выбросом в течение 2,3 сек, наступило затишье, которое длилось 4 сек., а затем снова началось разрушение породы в виде выброса, продолжавшегося 0,7 сек.

Сейсмоакустические записи выбросов пород показывают, что скорость процесса выброса значительно меньше скорости упругой деформации этой же породы. Общая деформация может быть выражена уравнением

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 = f_1(\sigma) + f_2(\sigma, t). \quad (3)$$

Здесь $\Delta l_1 = f_1(\sigma)$ – упругая деформация, она зависит от физических свойств материала, его напряженного состояния и практически не зависит от времени, т.к. скорость упругой деформации, как показано выше, очень большая; $\Delta l_2 = f_2(\sigma, t)$ – пластическая деформация, зависящая как от напряжения, так и от времени его воздействия в момент разрушения твердого ископаемого. Учитывая, что сдвигу предшествуют пластические деформации, становится ясно, почему процесс разрушения пород в виде выброса является более медленным по сравнению с процессом упругой деформации.

Подвигание горной выработки приводит к нарушению первоначального равновесного состояния пород и образованию вблизи забоя зоны разгрузки, сменяющейся на некотором расстоянии от него зоной опорного давления (зоной повышенного напряжения). В неравнокомпонентном поле напряжений зона разгрузки вокруг выработки имеет форму эллипса, большая ось которого ориентирована в направлении наиболь-

ших сжимающих напряжений. Поверхность зоны разгрузки со стороны массива представляет собой поверхность наибольших касательных напряжений, причем вблизи забоя она расположена в направлении, перпендикулярном к направлению наибольших сжимающих напряжений.

Чем более прочная и хрупкая порода и чем быстрее протекает процесс нарушения первоначального состояния, тем зона разгрузки будет меньшей по величине и поверхность наибольших касательных напряжений, особенно в направлении перпендикулярном к направлению наибольших сжимающих напряжений, будет расположена ближе к забою, именно поэтому в таких местах наиболее часто наблюдаются каверны на стенках скважин, вывалы пород, выбросы, горные удары, «стреляния» твердых ископаемых и пород и т.д.

При формировании зоны разгрузки находящийся на забое выработки отдельный элемент породы или твердого ископаемого стремится к де-

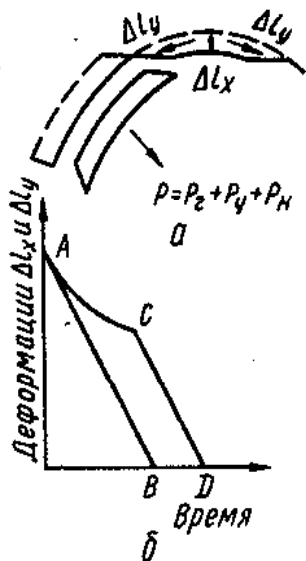


Рис. 17. Схема разрушения пород сдвигом и график их деформаций (AB – деформирование во времени по нормали к забою, соответствующее Δl_x ; AC, CD – деформирование во времени в плоскости забоя до начала и после разрушения, соответствующее Δl_y).

формации упругого восстановления во всех направлениях. Однако беспрепятственно такое деформирование происходит только по нормали к забою горной выработки. В плоскости забоя деформации упругого восстановления задерживаются, так как этому препятствует сцепление породы с массивом (Рис. 17 а). В результате между отдельным элементом и породным массивом возникают касательные напряжения, которые как показано Р. Квапилом, И.М. Петуховым и др. могут опережать деформации упругого восстановления в плоскости забоя. Отделение породы (породного элемента) от забоя не произойдет, если касательные напряжения не превосходят предел упругости данного твердого ископаемого или породы. Когда же касательные напряжения будут выше предела упругости, а деформации не превышают этот предел, отдельный элемент твердого ископаемого или породы, отделиться от забоя по типу «хрупкого среза». Отделившийся от забоя кусок (пластина) твердого ископаемого (поро-

ды) будет двигаться в направлении по нормали к плоскости отделения от массива под действием суммарной силы, состоящей из давления выделившегося газа (P_g), упругого восстановления обнаженной части забоя и самого куска (пластины) (P_y) и от движения элемента по неровной поверхности в момент среза (P_n). Такой процесс разрушения твердого ископаемого или породы приобретает лавинообразный характер в виде выброса и контролируется как свойствами твердого ископаемого (породы), так и характером и уровнем напряжений, имеющихся в массиве в месте выброса. Лавинообразное разрушение твердого ископаемого или породы прекращается в том случае, когда волна разрушения встретит твердое ископаемое или породу с большей пластичностью (иными реологическими свойствами) или в процессе выброса произойдет самоподбучивание, что равноценно новому равновесному состоянию, неблагоприятному для дальнейшего протекания выброса.

Подитоживая сказанное тектонофизическую теорию выбросов твердого ископаемого или породы можно сформулировать так: выбросы возникают там, где в приповерхностной части земной коры под действием внутри- и общепланетарных факторов действуют современные силы, ориентированные в наиболее прочных породах и твердых ископаемых в плоскости напластований (в горизонтальной плоскости). Под влиянием этих сил в породах и ископаемых формируются зоны, отличающиеся от смежных реологическими свойствами, что в свою очередь приводит к отличающимся в них (в зонах) повышенным неравнокомпонентным напряжениям, т.е. современное действие сил, ориентированных в горизонтальной плоскости (в плоскости напластований) приводит к неравномерным преобразованиям (метаморфизму) твердых ископаемых и породы, в результате чего в отдельных участках месторождения образуются локальные зоны повышенной хрупкости, большей пористости, меньшей прочности, повышенных неравнокомпонентных напряжений, аномально высоких давлений флюидов. В таких зонах указанные факторы увеличиваются или уменьшаются ходом ведения горных работ.

Важная роль при выбросах твердого ископаемого отводится газу (CH_4 , CO_2 и др.), выделяющемуся в процессе волны разрушения твердого ископаемого или породы. Сейчас с уверенностью можно сказать, что давление газа в ископаемом подчинено гидростатическому закону, а там, где ископаемое или породы подвержены неотектоническому сжатию, оно еще выше, чем рассчитанное по гидростатическому закону и в технической литературе именуется – аномально высоким пластовым давлением (АВПД). Общее количество газа в текущий момент времени зависит не только от его давления, но и от пористости ископаемого

(породы). Интенсивность газовыделения при выбросе, зависит от способности ископаемого (породы) отдавать газ в момент выброса (лавинообразного разрушения материала). Экспериментально установлено, что, например, угольные пласты отдают газ при выбросе менее интенсивно, чем, например, выбросоопасный песчаник. В отличие от угля песчаник отдает газ при его дроблении выбросом мгновенно, а угольный пласт с некоторой задержкой [19], что безусловно влияет на интенсивность отброса угля (породы) при их выбросе.

5. Значение тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород для практики.

Чтобы утвердиться во мнении является ли вышеизложенное тектонофизической теорией выбросов обратимся к толковому словарю русского языка. В [20] сказано: теория – «учение, система научных принципов, идей обобщающих практический опыт и отражающих закономерности природы». Думаем, что читателю не трудно будет сделать самостоятельный вывод о признании или непризнании теорией данную работу. В части значения тектонофизической теории для практики, то здесь уместно вспомнить выражение классика – «теория без практики - мертва». Тектонофизическая теория выбросов твердых ископаемых и пород находится в начале своего пути. Почти 60 лет определенные научные силы, как и сейчас, упорно тормозили ее развитие. Как всякое новое она неминуемо должна пройти три этапа. Первый этап – «этого не может быть потому, что не может быть никогда». Второй – «в этом что-то есть». Третий – «это уже известно давно». Сейчас тектонофизическая теория, как сказано выше, находится в начале своего пути, но несмотря на это она уже на первом этапе пути внесла неоценимый вклад в практику дела борьбы с выбросами твердых ископаемых и пород. Ниже рассмотрим некоторые практические аспекты, непосредственно вытекающие из тектонофизической теории выбросов:

1) роль тектонофизической теории в установлении истинных причин некоторых аварий при добыче твердых ископаемых в шахтах. Речь идет об аварии на шахте «Арендное предприятие шахта им. А.Ф. Засядько» в Донбассе (г. Донецк), которая произошла 20 сентября 2006г. в 13 восточной лаве пласта I₁ на глубине 1170 м от поверхности. К моменту

аварии забой лавы был подвинут от разрезного ходка на 6 м. (лава была подготовлена к сдаче в эксплуатацию). Думающий читатель не станет возражать, что для недопущения подобных аварий впредь и гибели людей при этом должны быть установлены точные причины аварии, не зависящие от «авторитетного мнения» того или иного члена комиссии, расследовавшей аварию, или ее членов вообще какие бы они должности ни занимали, какие бы звания не имели.

Чтобы лучше понять причину рассматриваемой аварии приведем некоторые горно-геологические данные об участке шахтного поля, запланированного к отработке 13-й восточной лавой пласта I_1 (мощность пласта 1,73 – 2,24 м, длина лавы 235 м). Непосредственная кровля пласта I_1 представлена алевролитом мощностью от 0 до 3,0 м. и выбросоопасным песчаником L_1Sl_2 , залегающем над алевролитом и имеющем мощность 21 м.

Опираясь на данные практики о выбросах песчаников в шахтах Донбасса, а также на данные экспериментальных работ, описанных в [2, 6], волей неволей приходим к однозначному выводу – причина данной аварии тектонофизическая. Обстановка сложившаяся на данном выемочном участке и незнание ее сути как научными работниками, так и работниками практики. А суть ее заключается в следующем: по данным [2, 6] и ряда других работ неотектоническая напряженность выбросоопасного песчаника, залегающего в кровле пласта I_1 , в плоскости напластований может достигать более 100 МПа, т.е. этот песчаник представляет собой упругую пластину, нагруженную неотектоническими силами в плоскости напластований и пригруженную сверху вышележащей толщей пород (γH). Еще в начале 20-го века С.П. Тимошенко в своем капитальном труде [21] показал, что такие упругие пластины неминуемо способны прогибаться в пустое пространство. Пока песчаник – упругая пластина, нагруженная неотектоническими силами в плоскости напластований и пригруженная весом вышележащих пород находился в нетронутом массиве сконцентрированная в нем весьма высокая упругая энергия не могла реализоваться. При отходе лавы от разреза на 6 м условия для реализации этой энергии в рабочее пространство лавы появились в виде внезапного прогиба на участке лавы 90 м. с вытекающими отсюда последствиями – разрушения гидрокрепи лавы (16 секций гидрокрепи «посажены на жестко», т.е. подвижная часть гидрокрепи была разрушена), вследствие внезапной разгрузки вышележащей толщи, лава была загазирована, участок лавы 90 м был завален породой и т.п. Почва пласта I_1 представлена алевролитом комковатой текстуры (“кучерявчик”) мощностью 0,5 м, ниже которого залегает слой алевролита мощностью 5,5 м, а еще ниже- выбросоопас-

ный песчаник L_1Sl_1 мощностью 27 м. Песчаник L_1Sl_1 то же представляет опасность для работающих в лаве. Однако эта опасность иного рода. В рабочем пространстве лавы возможно внезапное поднятие породы и выброс песчаника в лаву. Опасность этого несколько меньшая по сравнению с песчаником L_1Sl_2 и менее вероятная. Если бы развитие тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и породы в течение почти 60 лет не тормозилось, то наверняка к настоящему времени были бы предложены радикальные меры по недопущению подобных аварий с гибелью людей, были бы разработаны и предложены оперативные мероприятия по измерению напряженного состояния породы в нетронутом массиве, меры по контролю за деформациями и сближением пород в рабочем пространстве лав и т.п. Но к сожалению ничего подобного в нормативном документе [22] нет и сейчас.

Кроме выяснения истинных причин некоторых аварий в шахтах и рудниках с позиций тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород появляются возможности для научно обоснованных рекомендаций практикам в деле предсказания этих аварий и мер по их недопущению.

Еще в 50-е – 60-е годы 20-го века автором было замечено, что в очистных забоях (лавах) в опасных по выбросам зонах угольных пластов породы кровли угольных пластов более склонны к зависаниям по сравнению с участками угольных пластов неопасным по выбросам угля. Значительные зависания кровли пластов наблюдались в опасных по выбросам зонах даже в мелкоамплитудных геологических нарушениях. Тогда этот феномен для автора был необъясним. Сейчас же, с позиций тектонофизики он понятен. Дело в том, что при неотектоническом сжатии угленосной толщи в плоскости напластований происходит как – бы защемление пород и поэтому они становятся склонными к зависаниям, а затем и к бурному, внезапному обрушению с вытекающими отсюда последствиями. Это особенно проявляется в том случае, если мощность вынимаемого угольного пласта достаточно большая (для Донбасса – это 1,5 – 2,0 м и более) и в кровле пласта залегают достаточно мощные слои прочных пород, например, песчаники. Именно при сочетании таких условий отработывают сейчас пласт l_1 на шахте им. А.Ф. Засядько.

Для прогноза недопустимо больших зависаний кровли этого пласта в лавах, практикам следовало – бы заблаговременно впереди лав бурить по породам кровли пласта l_1 керновые скважины. И если керн делится на диски, то это будет свидетельствовать о том, что в местах деления керна на диски породы кровли пласта склонны к зависаниям на большой площади с последующим их внезапным обрушением. В таких мес-

тах породы кровли пласта должны быть принудительно обрушены путем торпедирования или другим способом.

Технология торпедирования с помощью длинных скважин известна. Она, например, многократно апробирована на шахте «Молодогвардейская» ПО «Краснодонуголь» в аналогичных с шахтой им. А.Ф. Засядько условиях и описана в журнале «Уголь Украины» №№ 9, 5, 10 за 1976, 1980, 1982 годы соответственно.

В случае, если бурение керновых скважин по каким – либо причинам невозможно или затруднено, тогда практикам можно рекомендовать безкерновое бурение длинных скважин по породам кровли пласта с последующим карротажем этих скважин, включающим измерение (определение) их поперечных конфигураций. Если в скважине будут обнаружены сверху или снизу (или сверху и снизу) каверны, то это будет свидетельствовать о факте наличия опасной в отношении зависаний кровли и возможного возникновения выброса угля (породы) зоны;

2) *Выбор места расположения полевых выработок по мощности слоя песчаника.* На больших глубинах подземной разработки твердых ископаемых для обеспечения устойчивости подготовительных выработок горняки- практики вынуждены располагать их в прочных породах. Для условий Донбасса, например, такими породами являются песчаники. Однако, как уже упоминалось, на глубине свыше 750 м многие слои этих пород оказались подверженными выбросам.

Известно, что при продольном сжатии образца пород наибольшие напряжения возникают в его центре и они значительно снижаются к периферийной его части. Исходя из тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород аналогичное распределение напряжений происходит и при сжатии слоев песчаника неотектоническими силами в плоскости напластований. Наибольшие минеральные преобразования под действием неотектонических сил так же будут происходить в центральной части слоя песчаника. При этом наименьшую выбросоопасность следует ожидать у кровли слоя песчаника и несколько большую у его почвы. Механизм минеральных преобразований (метаморфизма) под действием неотектонических сил в плоскости напластований может быть объяснен следующим: а) при деформации кристаллов в них возникают дислокации, являющимися основными агентами переноса и диффузии вещества; б) из-за неравномерности в различных участках направленного в плоскости напластований неотектонического давления происходит перемещение флюидов и подвижных элементов; в) повышенное направленное неотектоническое давление на кристалл породообразующего минерала создает условия для проявления эффекта Рикке, при котором кристалл растворя-

ется со стороны наибольшего давления и растет с «затененной» стороны. Согласно эффекту Рикке, точка растворения кристаллов понижается пропорционально квадрату приложенного давления.

При деформации кристаллов и образовании за счет этого в них дислокаций, которые не остаются неподвижными, а перемещаются к грани кристалла. Скорость перемещения дислокаций зависит от свойств самого кристалла, величины его деформации, и условий (характера) напряженного состояния подверженного неотектоническим сжатиям слоя породы. При разгрузке кристалла от напряжений, образованные в нем при его деформации дислокации, выходят на поверхность кристалла, образуя ступеньку на его грани. Вокруг каждой дислокации образуется свое поле повышенных напряжений, т.е. каждая дислокация «концентрирует» в кристалле энергию определенной величины. При выходе дислокации на поверхность кристалла эта энергия расходуется на перекристаллизацию, кристалл растет в месте выхода дислокации.

В кристаллах при неотектоническом сжатии слоя породы в плоскости напластований образуются как линейные, так и винтовые дислокации. При этом линейные дислокации перемещаются в направлении наибольшего сжатия, в то время как винтовые - в перпендикулярных к сжатию направлениях и выходят на поверхность кристалла на «затененной» стороне. Рост кристалла со стороны наибольших давлений несмотря на выход линейных дислокаций будет меньшим по сравнению с ростом с «затененной» стороны, так как эффект роста кристалла в результате выхода на поверхность линейных дислокаций будет уменьшаться за счет эффекта Рикке, в то время как с «затененной» стороны рост будет осуществляться еще и в результате несколько меньшего давления. Именно по этому в условиях направленного давления происходит интенсивная перекристаллизация и изменение реологических свойств породы в целом.

В условиях подверженного деформациям массива пород выход дислокации на поверхность кристалла в природных условиях может продолжаться длительное время, поэтому метаморфизм пород происходит не только в период неотектонических движений, но и спустя определенное время после их прекращения.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что чем больше неотектонические силы, приводящие к деформированию пород, тем в большей степени проявляется эффект Рикке, тем больше в кристаллах образуется дислокаций, тем большей степени такой кристалл термодинамически неустойчив, тем интенсивнее будет метаморфизм породы. Причем он может протекать за счет внутренних резервов слагающих породу минералов, т.е. без привноса растворов. В случае привноса рас-

творов при наличии направленных давлений в плоскости напластований и вызванных ими деформаций пород интенсивность метаморфизма значительно усилится. В качестве таких растворов может выступать кристаллизационная вода, интенсивно выделяющаяся при деформации кристаллов, такая вода химически весьма активная и подвижная особенно там, где имеется градиент давлений. Так А.И.Чередниченко [23] отмечает, что при пластической деформации из 1 км³ пород может выделиться от 20 до 130 млн. м³ воды.

Таким образом, по современным представлениям степень метаморфизации пород (угля) является производной от скорости и величины деформации кристаллов породы, величины и характера давления (поля напряжений), температуры и времени воздействия указанных факторов.

Наличие складчатости и разрывных нарушений надвигового характера указывает на горизонтальное сжатие толщи пород (угленосной толщи, например) как в прошлые геологические эпохи, так и в современную. Как показывают исследования, проведенные на Донбасском геофизическом полигоне, такое сжатие происходит и в современном плане. Скорости горизонтальных движений в Донбассе по данным [24] оцениваются 1-2 см в год, в то время как вертикальные движения в среднем равны 3-4 мм, и только отдельные угленосные блоки подвержены вертикальным движениям со скоростью 1-1.5 см в год.

В свете вышеизложенного еще раз процитируем классика: «Теория без практики мертва». Следовательно, если изложенное выше действительно претендует на теорию, то тогда в практике прохождения горных выработок по прочным породам выбросы в них следует ожидать в центральных частях слоев таких пород, где пористость их должна быть значительно большая по сравнению с периферийными частями слоев, хрупкость большая, прочность меньшая, упругие свойства большие и, как следствие этого, при наличии больших неотектонических сил, действующих в плоскости напластований, наибольшая выбросоопасность.

Для исследования величины пористости слоя песчаника, залегающего под пластом Смоляниновским (около 60 м мощность) на шахте «Кировская» (№17-17 бис) П.О. «Донецкуголь» в откаточном штреке 4-й восточной лавы в почве пласта в зоне опасной по выбросам, в направлении центральной части слоя песчаника была пробурена керновая скважина диаметром 76мм и длиной 30м, т.е. до половины мощности слоя данного песчаника. Выбуренный керн использовался, как для определения степени выбросоопасности этого слоя песчаника по его мощности, так и для определения пористости на различном расстоянии

от верхней кромки слоя к его центру. Данные о пористости песчаника представлены в таблице 5.

Таблица 5

Расстояние от верхней кромки слоя к его центру, м	1.5–2.5	2.5–5.5	5.5–8.5	8.5–13.5	13.5–16.5	16.5–21.5	21.5–25.0	25.0–30.0
Пористость песчаника, %	3.69	3.68	5.55	6.95	5.83	6.57	5.98	7.40

Как видно из таблицы 5 пористость песчаника, в опасной по выбросам зоне, увеличивается в направлении к средней части слоя. В этом же направлении увеличивается и разделение керна на диски, и первое и второе указывает на увеличение выбросоопасности слоя песчаника в направлении от верхней кромки слоя к его центру.

Для подтверждения этого был собран и проанализирован фактический материал о выбросах пород при пересечении в крест простирания выбросоопасных слоев песчаников квершлагами на шахтах «Щегловка-Глубокая» (им. Поченкова), № 1-5 «Кочегарка», им. Артема. Места возникновения выбросов породы в слоях песчаника при пересечении их квершлагами показаны на Рис. 18 «а», «б», «в», «г».

Аналогичную ситуацию наблюдаем также при пересечении слоев выбросоопасных песчаников в зарубежных шахтах. Так, например, на строящейся шахте «Слань» в Чехии скиповым стволом пересекли мощный слой песчаника. По мере углубления ствола и приближения его забоя к центру слоя песчаника интенсивность выбросов породы неуклонно увеличивалась [25].

Так, например, первый выброс произошел в этом стволе 9.4.86г. на глубине 814м. интенсивностью 300т., но второй, происшедший на глубине 831м. имел интенсивность 2500т., а третий, произошедший на глубине 856м. 21.10.86г. имел интенсивность более 10 тыс. тонн.

Эта же закономерность подтверждается при пересечении выбросоопасных слоев песчаника квершлагами на шахтах Донбасса, что видно из Рис. 18 и нижеприведенной таблицы 6, составленной по материалам П.О. «Укруглегеология».

На основании указанных выше представлений о выбросоопасности слоев песчаника по их мощности автором данной работы в 1965г. от имени МакНИИ (в то время автор был научным сотрудником МакНИИ) были выданы рекомендации (что входило в служебные обязанности автора) об

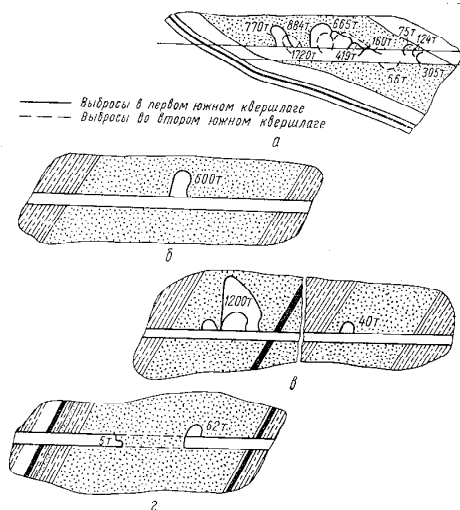


Рис. 18. Места расположения выбросов породы при пересечении пластов песчаника квершлагами:

а – гор. 915 м шахты им. К.И. Поченкова;

б, в – гор. 740 м и гор. 860 м шахты № 1 -5 «Кочегарка»;

г – гор. 860 м шахты им. Артема.

аналогичные рекомендации выдавались шахтам другими сотрудниками МакНИИ, ИГТМ АН УССР. В результате переноса прохождения полевых выработок в верхнюю часть песчаника частота выбросов породы уменьшилась с 0,2 до 0,1 выброса на 1 м. проходки, а в некоторых полевых выработках выбросы породы вообще не происходили.

С переводом полевых выработок в верхнюю часть слоя песчаника стоимость ликвидации последствий выбросов породы снизилась с 1860 рублей на 1 м. проходки до 370р., кроме того, существенно возросли темпы проведения полевых выработок.

3). Охлаждение призабойной части горного массива для снижения напряжений в нем.

Исходя из положений тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород для эффективной борьбы с этими явлениями в шахтах необходимо в первую очередь применять меры, которые снижали бы напряженное состояние призабойной части горного массива. Если впереди забоя по контуру выработки каким-либо способом произвести

изменении проекта отметки заложения сопряжения 1-го восточного вентиляционного ствола с выработками околоствольного двора шахты «Петровка-Глубокая» (им. Скочинского) ПО «Донецкуголь». Если первоначально намечалось проводить полевые выработки в песчанике на расстоянии 15 м. от почвы пласта Смоляниновского, то в результате рекомендаций автора их начали проводить на расстоянии 8,3 м., т.е. место заложения полевых выработок подняли по мощности песчаника на 6,7 м., т.е. прохождение полевых выработок перенесли в верхнюю часть песчаника. Впоследствии

Таблица 6

Дата выброса породы	Шахта, глубина от поверхности	Наименование выработки	Интенсивность выброса породы, т.	Геологический символ слоя породы	Мощность слоя породы, м
1	2	3	4	5	6
	Им. Засядько, 1078м	Квершлаг околоств. двора			
24.11.89г.	1078м	вент. ствола	163,0	L_4Si_5	12,0
01.12.89г.	—	—	130,0	—	—
8.12.89г.	—	—	60,0	—	—
11.12.89г.	—	—	84,0	—	—
28.2.90г.	—	—	98,0	—	—
4.5.88г.	—	Откат. кв - Г	84,0	—	10,0 - 11,0
7.5.88г.	—	—	336,0	—	—
11.5.88г.	—	—	264,0	—	—
12.5.88г.	—	—	89,0	—	—
15.5.88г.	—	—	192,0	—	—
16.5.88г.	—	—	120,0	—	—
19.5.88г.	—	—	192,0	—	—
21.5.88г.	—	—	228,0	—	—
24.5.88г.	—	—	96,0	—	—
26.5.88г.	—	—	192,0	—	—
28.5.88г.	—	—	360,0	—	—
31.5.88г.	—	—	168,0	—	—
3.6.88г.	—	—	156,0	—	—
7.6.88г.	—	—	72,0	—	—
20.6.88г.	—	—	156,0	—	—
28.6.88г.	—	—	150,0	—	—
18.7.99г.	—, 1133 м	Отк. кв - Г №11 пл. K_{8-1}	34,0	L_1Si_1	18м
19.7.99г.	—	—	420,0	—	—
26.7.99г.	—	—	1279,0	—	—
11.8.99г.	—	—	1296,0	—	—
12.9.99г.	—	—	17,0	—	—
13.9.99г.	—	—	984,0	—	—
8.10.99г.	—	—	630,0	—	—
24.9.99г.	—	—	496,0	—	—
12.02.01г.	—, 1158 м.	Отк. кв - Г №12 пл. K_{8-1}	26,0	—	—
24.02.01г.	—	—	180,0	—	—
26.2.01г.	—	—	271,0	—	—
9.3.01г.	—	—	1392,0	—	—
26.3.01г.	—	—	624,0	—	—
4.4.01г.	—	—	298,0	—	—
14.12.82г.	им. Стаханова, 796 м.	Воздухоподк. кв-Г Блока №4	61,8	$K^{11}_5SK^{11}_5$	
18.12.82г.	—	—	208,8	—	—
21.12.82г.	—	—	183,8	—	—
23.12.82г.	—	—	91,2	—	—
25.12.82г.	—	—	63,8	—	—
26.12.82г.	—	—	95,8	—	—
28.12.82г.	—	—	51,0	—	—
29.12.82г.	—	—	40,0	—	—
17.2.84г.	—, 827 м.	Отк. Кв-Г пл. K_5 Блока №4	71,2	$K_4SK^{11}_5$	14 м.
23.2.84г.	—	—	248,2	—	—
28.2.84г.	—	—	180,0	—	—
2.3.84г.	—	—	515,0	—	—

Дата выброса породы	Шахта, глубина от поверхности	Наименование выработки	Интенсивность выброса породы, т.	Геологический символ слоя породы	Мощность слоя породы, м
1	2	3	4	5	6
9.3.84г.	— " —	— " —	572,0	— " —	— " —
15.4.84г.	— " —	— " —	374,0	— " —	— " —
18.4.84г.	— " —	— " —	254,0	— " —	— " —
24.4.84г.	— " —	— " —	156,0	— " —	— " —
27.4.84г.	— " —	— " —	421,0	— " —	— " —
11.5.84г.	— " —	— " —	114,0	— " —	— " —

охлаждение твердого ископаемого или пород, то в результате этого он уменьшается в объеме. В прилегающих к охлажденной зоне твердых ископаемых и породах возникнут деформации упругого восстановления, т.е. как в охлажденной зоне, так и на некотором расстоянии от нее в твердых ископаемых и породах произойдет снижение напряжений. При этом непосредственно в охлажденной зоне при очень низких температурах не исключено возникновение растягивающих деформаций.

За контуром зоны упругого восстановления напряжения в твердых ископаемых и породах, по-видимому, возрастут, т.е. здесь должна образоваться зона опорного давления.

Уменьшение напряжений в зоне охлаждения твердых ископаемых или пород определится из выражения

$$\sigma = \alpha E \Delta T, \quad (4)$$

где: σ – величина снижения напряжений в охлажденной зоне, МПа;

α – коэффициент линейного расширения пород, 1/град ;

E – модуль упругости пород, МПа;

ΔT – разность температур между массивом и охлажденной зоной, оС.

Уменьшение напряжений твердого ископаемого или породы в призабойной части массива при охлаждении приведет к уменьшению их общего напряженного состояния (от веса налегающей толщи, тектонических сил и т.п.). Кроме этого в охлажденном твердом ископаемом или породе произойдет существенное снижение давления флюидов.

Опыты по проверке высказанных выше положений были выполнены Н.Е. Волошиным, С.Н. Осиповым, Ю.В. Кессарийским при содействии тогдашнего Министра УССР Н.М. Худосовцева на шахте № 17 – 17 бис («Кировская») П.О. «Донецкуголь». Для этого в диагональном квершлагге, проведенном в песчанике под угольным пластом Смоляниновский

по круговому контуру диаметром один метр было пробурено 16 шпуров длиной 3,6 м. и диаметром 43 мм для запуска в них жидкого азота. За контуром на расстоянии 0,3 и 0,5 м., а также в центре контура были пробурены три скважины длиной 2,5 м. и диаметром 76 мм (Рис. 19) для измерения в них температуры и относительных деформаций охлажденного песчаника, по методике [26].

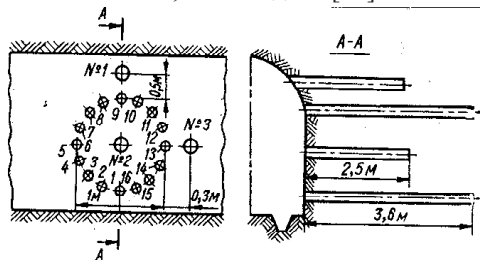


Рис. 19. Схема расположения измерительных и охлаждающих скважин.

тем по медным трубкам, вставленным в шпур, к месту охлаждения песчаника в массиве. Количество подаваемого в шпур жидкого азота регулировали вентилями кругового коллектора таким образом, чтобы содержание кислорода в исходящей струе воздуха в месте проведения экспериментальных работ было не менее 19% (Рис. 20).



Рис. 20. Общий вид оборудования для охлаждения горного массива жидким азотом.

Для транспортировки жидкого азота по выработкам использовали стандартную емкость ТРЖК – 2у, установленную на платформе шахтной вагонетки. Жидкий азот из емкости ТРЖК – 2у поступал по гибким шлангам к круговому коллектору из нержавеющей стали, а затем по медным трубкам, вставленным в шпур, к месту охлаждения песчаника в массиве.

Количество подаваемого в шпур жидкого азота регулировали вентилями кругового коллектора таким образом, чтобы содержание кислорода в исходящей струе воздуха в месте проведения экспериментальных работ было не менее 19% (Рис. 20).

Экспериментальные работы показали, что процесс охлаждения песчаника отличается большой инерционностью. Так, несмотря на весьма низкую температуру кипения жидкого азота (-196°C) максимальное снижение температуры песчаника в 0,3 – 0,5 м от шпуров охлаждения наступает спустя 5 ч. 50 мин. (Рис. 21) после прекращения работ по запуску жидкого азота в шпур.

В начальный период охлаждения, когда температура песчаника в торцах измерительных скважин практически еще не изменилась, уже

наблюдается процесс разгрузки песчаника от напряжений. Снижение напряжений в центре контура охлаждения в горизонтальной и вертикальной плоскостях оказалось более значительным (см. Рис. 21 «б»), чем за пределами контура охлаждения на расстоянии 0,3 – 0,5 м. от него.

Рассматривая рис. 21 читатель не может не заметить, что замеренные в данном случае (во всех скважинах) горизонтальные составляющие напряжений оказались выше вертикальных, в то время как вычисленные по известным формулам теории упругости напряжения в горизонтальной плоскости всегда меньше напряжений в вертикальной плоскости.

Экспериментальные работы показали, что с помощью жидкого азота можно охлаждать призабойную часть твердых ископаемых и пород с целью снижения в них напряжений, а, следовательно, и устранять их выбросы. Такой вывод и такие результаты натурных экспериментальных работ имеют огромное значение для разработки принципиально новых мер борьбы с выбросами, происходящими в шахтах.

Справедливости ради следует заметить, что результаты экспериментальных работ по охлаждению твердых полезных ископаемых и пород с целью предотвращения выбросов еще не прошли испытаний практикой. Несмотря на то, что температура испарения жидкого азота низкая (– 196°C), практическое использование его в шахтах для охлаждения призабойной части горного массива с целью борьбы с выбросами затруднено вследствие дороговизны жидкого азота, вытеснения из шахтной атмосферы кислорода, сложности транспортировки достаточно объемных

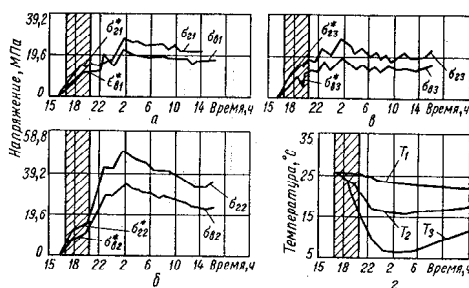


Рис. 21. Графики потенциальной возможности уменьшения напряжений и температуры при охлаждении боковых пород выработки жидким азотом ($\sigma_{21}^* - \sigma_{23}^*$, $\sigma_{21} - \sigma_{23}$ – горизонтальные составляющие напряжения до и после охлаждения; $\sigma_{31}^* - \sigma_{33}^*$, $\sigma_{31} - \sigma_{33}$ – то же, вертикальные;

$T_1 - T_3$ – температура охлажденных пород).

сосудов с жидким азотом по выработкам и др. Поэтому жидкий азот может быть применен для описанных выше целей в исключительных случаях, например, для охлаждения выбросоопасных твердых ископаемых или пород с целью предотвращения выбросов при проведении сопряжений вертикальных шахтных стволов с горизонтальными выработками и т.п.

4). *Предотвращение выбросов твердых ископаемых и пород с помощью щелей и скважин.*

Для предотвращения выбросов еще в начале 60-х годов 20-го века И.В.Бобровым предложено снижать напряжения в призабойной части горного массива путем создания в нем опережающих щелей различными способами. Последние могут быть как сплошные, так и прерывистые, созданные, например, путем бурения сближенных скважин или шпуров. Обоснование возможности применения щелей из сближенных шпуров или скважин базируется на следующем: о том, что даже в прочных песчаниках вокруг шпуров и скважин после их бурения образуется существенная по размерам зона разгрузки (зона неупругих деформаций) свидетельствует следующий факт: при зарядании шпуров (диаметр 42 мм) в камере питателя 1-го западного вентиляционного ствола (гор. 915м) при строительстве шахты «Петровская – Глубокая» (им. Скопинского) ПО «Донецкуголь» в некоторые шпуровы не положили взрывчатое вещество. Во время взрывания в этом забое произошел выброс песчаника. Известно, что во время выброса песчаник измельчается до пластинок размером 3-5см и толщиной 1-2мм или бывает представлен в виде мелкодробленого шлака и песка. При уборке выброшенной породной массы сотрудником МакНИИ В.И.Коллер были обнаружены куски породы эллипсовидной формы с отверстиями $d = 42\text{мм}$ посередине (Рис. 22), дающее ясное представление о размерах зоны разгрузки, образовавшейся вокруг шпуров диаметром 42мм.

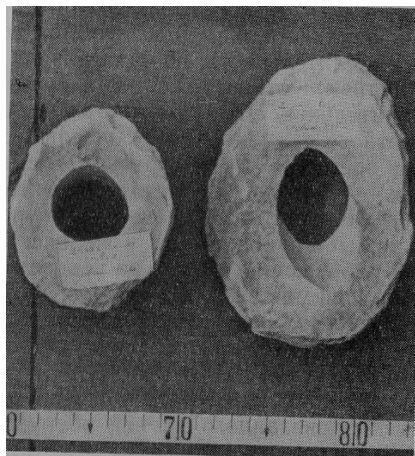


Рис. 22 Форма и размеры зоны разгрузки вокруг шпура диаметром 42 мм, пробуренного в месте выброса песчаника.

Как видно из фотографии этих кусков породы (Рис. 22), напряжения в данном песчанике вокруг шпуров снижаются до величины, меньшей предела прочности песчаника на расстоянии 35 - 40мм от стенки шпура, поэтому песчаник при выбросе и остался не разрушенным. Обращает на себя внимание тот факт, что форма этих кусков породы эллипсовидная, косвенно указывающая на неравнокомпонентность поля напряжений в месте выброса песчаника.

Следует отметить, что размер зоны разгрузки вокруг шпуров

или скважин зависит: от геологических свойств горного массива, от диаметра шпуров или скважин, напряженного состояния, для выбросоопасного песчаника шахты «Петровская – Глубокая» (им. Скочинского) этот размер можно выбирать пользуясь графиком (Рис. 23), который получен опытным путем.

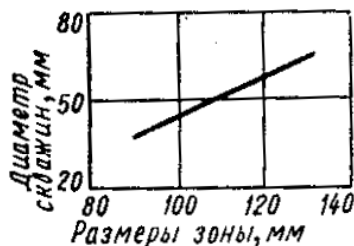


Рис. 23. График зависимости размеров зоны неупругих деформаций от диаметра скважины для песчаника шахты им. А.А. Скочинского.

Рис. 23. График зависимости размеров зоны неупругих деформаций от диаметра скважины для песчаника шахты им. А.А. Скочинского).

Экспериментальные работы выполнялись в порожняковой ветви

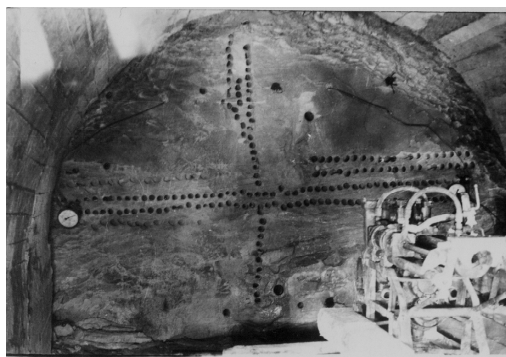


Рис. 24. Схема расположения шпуров для проверки возможности создания разгрузочной щели.

Околоствольного двора вентиляционного ствола при строительстве шахты «Петровская – Глубокая» (им. Скочинского). По центру выработки, проходимой по выбросоопасному песчанику, по всему ее сечению были пробурены горизонтальные и вертикальные ряды шпуров (Рис. 24) диаметром 42мм и длиной 4м, расстояние между шпурами по забою выработки составляло 20мм. При сотрясательном взрывании произошел выброс песчаника в правой части забоя, полость которого распространилась до рядов вертикальных и горизонтальных шпуров и вверх, где шпуров не имелось (Рис. 25). При очередном сотрясательном взрывании в верхней левой четверти забоя так же произошел

Следовательно, при бурении шпуров или скважин на расстоянии друг от друга не больше, чем два размера их зоны разгрузки имеется возможность создания защитной от выбросов не сплошной щели, созданной путем бурения сближенных шпуров или скважин.

С целью проверки этого предположения нами, вместе с другими сотрудниками МакНИИ, выполнена серия натурных экспериментальных работ при строи-

тельстве шахты «Петровская – Глубокая» (им. Скочинского). По центру выработки, проходимой по выбросоопасному песчанику, по всему ее сечению были пробурены горизонтальные и вертикальные ряды шпуров (Рис. 24) диаметром 42мм и длиной 4м, расстояние между

выброс песчаника, полость которого распространилась вверх выше контура выработки, вправо и вниз до рядов шпуров. Между полостями этих

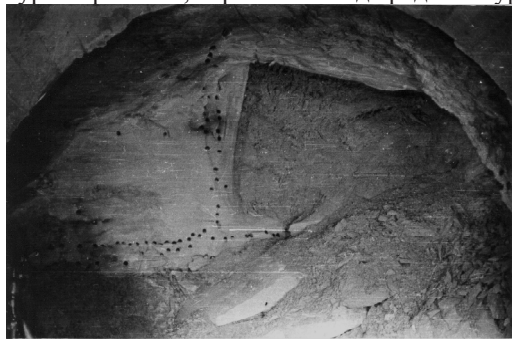


Рис. 25. Расположение полости выброса песчаника относительно сближенных шпуров.

двух выбросов в верхней части забоя остался целик породы шириной 0,8м с вертикальным рядом шпуров, что свидетельствует о снижении в этом целике напряжений до безопасной в отношении выбросов величины.

Таким образом с помощью шпуров и скважин, пробуренных друг от друга на расстоянии не

превышающем двух радиусов неупругих деформаций, можно создавать защиту от выбросов породы или твердого ископаемого. При этом схема защиты должна выбираться в зависимости от конкретной обстановки.

Для соблюдения расстояния между шпурами или скважинами их надо бурить с применением шаблона, через направляющие которого пропускается буровой инструмент, например, с помощью шаблона конструкции А.А.Нахатовича.

Кроме создания щелей с помощью шпуров и скважин в Донбассе имеется опыт и по созданию сплошной щели по контуру выработки. Так, например, В.Л.Полищуком (МакНИИ), при строительстве шахты «Петровская – Глубокая» (им. Скочинского), были проведены натурные экспериментальные работы по созданию такой щели специальной щелевой установкой УЩ-1. Работа исполнительного органа установки УЩ-1 основана на принципе ударно-вращательного бурения трех параллельных сближенных шпуров длиной 2м с «просечкой» между ними высотой 15-20мм. Щель создавалась по контуру выработки, кроме ее подошвы. Как показали экспериментальные работы, во время создания щели происходило освобождение прилегающей к ней пород от напряжений, приводящее к большим деформациям и, как следствие этого, к зажатию исполнительного органа установки в щели. Кроме этого, из-за трудности выдержки направления исполнительного органа, в щели оставались целички, препятствующие снятию напряжений в призабойной части выбросоопасного песчаника. С помощью установки УЩ-1 было пройдено 15м выработки, при этом произошло два выброса песчаника большой интенсивности.

5). *другие способы уменьшения напряженного состояния горного массива с целью предотвращения выбросов.*

1. Один из наиболее эффективных способов предотвращения выбросов путем уменьшения напряженного состояния горного массива был и остается способ опережающей отработки защитных угольных или иных пластов (слоев). Однако основным его недостатком, является то, что в практике подземной разработки твердых ископаемых не всегда имеется защитный пласт или хотя бы пропласток, пригодный по мощности для опережающей отработки. Кроме того следует помнить, что подработка горного массива с целью снижения в нем напряжений всегда более эффективная, чем надработка [27], подработка всегда снимает напряжения в горном массиве на большее расстояние по сравнению с его надработкой.

2. Как было показано выше в выбросоопасных породах существуют высокие неотектонические напряжения как в плоскости напластований, так и в перпендикулярной к ней плоскости, вызванные современными движениями земной коры от внутрипланетарных процессов и космических факторов.

Исходя из этого, меры по устранению выбросов угля, пород и других динамических проявлений должны в первую очередь направлены на устранение или снижение до безопасных пределов этих напряжений в массиве твердых ископаемых или слоев пород.

Одним из действенных и достаточно нетрудоемких способов, на наш взгляд, является способ вибрационного воздействия на призабойную часть горного массива.

Впервые такой способ борьбы с выбросами был предложен в 50-е годы прошлого столетия В.И. Зениным. Затем идею вибрационного воздействия на горный массив подхватили сотрудники ИГТМ АН УССР (г. Днепропетровск). Ими была выполнена серия экспериментальных работ по вибрационной обработке призабойной части горного массива с помощью скважинных вибраторов. При этом частота вибрации не увязывалась с собственной частотой колебаний призабойной части горного массива. Объяснялось это боязнью создать таким образом резонансную частоту системы вибратор – горный массив. Такая постановка вопроса не может выдержать научную критику:

во-первых, призабойная часть горного массива имеет собственную частоту не постоянной величины, поэтому выброс возможен при любой частоте вибратора;

во-вторых, чтобы достичь наибольшей разгрузки призабойной части горного массива за отдельно короткий период времени, именно и не-

обходима резонансная частота системы вибратор – горный массив (его призабойная часть).

В связи с этим предлагается:

1. Применяемые для указанных целей вибраторы должны быть мощные с регулируемой частотой колебаний равной и даже большей частоты собственных колебаний горного массива. Такие вибраторы не обязательно устанавливать в скважины. Они могли быть установлены в призабойной части горной выработки в любом месте, например, в кутке лавы.

2. Частота колебания вибратора должна соответствовать собственной частоте колебаний призабойной части горного массива.

3. Контроль эффективности снижения напряжений (выбросоопасности) в призабойной части горного массива может осуществляться уже известными способами (по смещению горного массива в призабойную часть горной выработки, по gH для газовых массивов, по сейсмоакустической эмиссии).

4. В целях обеспечения безопасности работ при вибрационной обработке горного массива требования к ней должны быть аналогичные требованиям к сотрясательному взрыванию.

6). Роль основ тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых в поисках и разведке флюидообразных водородов.

Как известно, в настоящее время в вопросе генезиса флюидообразных водородов существует две гипотезы - неорганического их происхождения и органического. Не вдаваясь в спор ученых и подробности неорганического или органического происхождения нефти и газа отметим, что та и другая гипотезы в конечном итоге предполагают при формировании залежи нефти или газа наличие в земной коре коллектора, т.е. зоны разуплотнения осадочных или коренных пород.

С позиции основ тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых, образование таких коллекторов и механизм их образования связан с действием внутрипланетарных факторов, изложенных выше, как в современном плане, так и в прежние эпохи. Поэтому при поиске и разведке флюидообразных углеводородов геологами в первую очередь следует обращать внимание на наличие или отсутствие глубинных разломов фундамента и осадочных пород, вблизи которых, как правило, и образуются зоны разуплотнения пород.

6. Закономерности распределения давления газа в твердых ископаемых и породах в свете тектонофизической теории выбросов.

В подавляющем большинстве случаев выбросов твердых ископаемых и пород наблюдается обильное выделение газов (CH_4 , CO_2 и др.), что вполне объяснимо, т.к. выброс – это лавинообразное и быстротекущее явление, при котором происходит разрушение цельного горного массива до мелких фракций. Чем мельче фракция горной массы, тем интенсивней она отдает накопленный в горном массиве газ.

С другой стороны на процесс интенсивности газовыделения решающее влияние оказывает сорбционная способность горного массива. Например, угольный пласт может содержать в себе при давлении 5 – 10 МПа до 30 – 35 м³ /т CH_4 , в то время как песчаник, например, не является сорбентом, поэтому содержание в нем газа не превышает 1 м³ /т, но в отличие от угольного пласта при выбросе песчаника газ из него выделяется практически мгновенно, что оказывает влияние на величину отброса измельченного при выбросе песчаника от забоя. Таким образом величина газовыделения и его интенсивность при выбросе твердого ископаемого или породы зависит: от давления газа в нетронутом горном массиве, его сорбционной способности, степени измельченности при выбросе, а также скорости газовыделения в процессе измельчения горного массива при выбросе и т.п.

Важную роль в процессе отброса от забоя измельченного выбросом горного массива отводится давлению газа в нем. К настоящему времени надежного способа измерения давления газа в горном массиве пока нет, поэтому горными специалистами предприняты попытки установить закономерности распределения давления газа в горном массиве с увеличением глубины разработки того или иного твердого ископаемого теоретическим, статическим или эмпирическим путем. Однако расчеты, выполненные по предложенным зависимостям, не дают удовлетворительных результатов, так как наблюдается существенный разрыв между полученными значениями и значениями давления газа, измеренными в шахтах.

Наибольшая сходимость расчетных и максимальных замеренных значений давления газа имеет место при применении формулы Л.Н. Быкова [28] и идентичной формулы А.И. Покровского.

Так, Л.Н. Быков считает, и с этим нельзя не согласиться, что закономерности изменения давления газа в угольных пластах и слоях породы с увеличением глубины их залегания ничем не отличаются от закономерности

стей его изменения в нефтяных и газовых месторождениях. В общем виде зависимость, предложенная Л.Н. Быковым, имеет следующий вид:

$$P_r = k_b (H - b), \quad (5)$$

Где: k_b – коэффициент, учитывающий плотность воды, имеющийся в горном массиве;

H – глубина от поверхности места определения давления газа;

b – глубина от поверхности зоны газового выветривания, на которой по мнению Л.Н. Быкова давление газа равно нулю. Применительно к Донбассу Л.Н. Быков « k_b » принял равным 0,11, а « b » = 100 м.

Исходя из предложенной Л.Н. Быковым зависимости давления газа в пласте k_3 «Дерезовка» шахты «Юнком» П.О. «Орджоникидзеуголь» на горизонте 596м должно быть 5,35 МПа, фактически максимальное измеренное давления равнялось 7,16 МПа. На шахте №7/8 им. М.И. Калинина ПО «Донецкуголь» на глубине 519м от поверхности в угольном пласте h_8 «Прасковиевский» измеренное давление газа составило 5,9 МПа, согласно же зависимости Л.Н. Быкова оно должно быть равным

4,5 МПа. Приведенное свидетельствует о том, что формула Л.Н. Быкова не позволяет получить расчетным путем давление газа, близкое к реально существующему в угольной толще. В работе Л.Н. Быкова [28] для расчета давления газа в угольных пластах и слоях породы предлагается зависимость, в которой в качестве одного из членов входит глубина залегания верхней границы газов (« b »). При этом подразумевается, что до этой границы в угольных пластах и слоях породы вообще нет газа, а следовательно, нет и его давления. Однако газ и вода в осадочной толще, хотя и относительно слабо проницаемой, находятся в единой газогидросистеме, поэтому любой газ, двигаясь к поверхности, всегда будет находиться не ниже чем под гидростатическим давлением. Кстати, в технической литературе посвященной газовым и нефтяным месторождениям также отмечается, что если месторождение не подвержено современному тектоническому сжатию, то наблюдаемое пластовое давление флюидов в нем гидростатическое [29,30]. Отсюда вытекает, что давление газовой смеси в твердом ископаемом и породах не может быть ниже гидростатического.

Автор по данным максимальных значений замеров давления газа в угольной толще Донбасса получил следующую зависимость распределения газа с глубиной от поверхности:

$$P_r = 0,1 H, \quad (6)$$

где: H – глубина от поверхности, м.

Здесь следует еще раз отметить, что к настоящему времени нет надежных способов замеров давления газа в натуральных условиях проведе-

ния горных выработок в том или ином горном массиве, о чем подробно сказано (написано) в [31]. Однако, если признать, что максимальные измеренные значения давления газа более близки к истинным, имеющимся в горном массиве, то в первом приближении можно принять давление газа в нем равным гидростатическому. Однако даже при несовершенных способах замера давления газа в шахтах и рудниках в некоторых случаях в шахтах Донбасса измеренное давление газа превышает гидростатическое в 1,03 – 1,33 раза. Нет сомнения, что при использовании более надежных способов измерения давления газа это превышение будет еще большим.

В технической литературе, посвященной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, давление газа, превышающее гидростатическое, называют Аномально Высоким Пластовым Давлением (АВПД). Причем оно наблюдается только в местах воздействия современных тектонических сил, в местах современного сжатия земной коры [29,30]. В таких областях пластовое давление газа и воды в осадочных породах выше гидростатического в 1,7 – 2,7 раза, достигая и даже превосходя иногда геостатическое (т.е. γH).

Механизм образования АВПД в осадочной толще земной коры может иметь следующие объяснения: при постоянном проявлении современных тектонических сил объем пор и трещин в породах и твердых ископаемых осадочной толще сокращается, проницаемость пород от этого уменьшается и если она такова, что газ и вода не успевают мигрировать в участки меньших давлений, то в такой осадочной толще давление флюидов становится выше гидростатического, а иногда и выше геостатического.

О том, что на давление флюидов существенное влияние оказывает современное активное сжатие горного массива подтверждает опыт работы шахт «Петровская-Глубокая» (им. Скочинского), «Кировская» (№17-17 бис), «Петровская» ПО «Донецкуголь». Эти шахты расположены в зоне активного тектонического сжатия их горного массива, особенно на глубинах больше 700 м от поверхности, поэтому давление флюидов в угольных пластах и слоях породы их шахтных полей выше гидростатического, т.е. выше 0,1Н. Последнее подтверждается следующим. При проведении полевых выработок по выбросоопасным слоям песчаника 1-го западного вентиляционного ствола строящейся тогда шахты им. Скочинского, горизонт 915м, определяли газовыделение из песчаника при выбросах, оно оказалось равным 0,83м на 1т. породы в массиве.

Влажность песчаника в нетронutom массиве составила 0,6%, что соответствует 0,000006м³ на 1кг породы. Пористость образцов песчаника в разгруженном состоянии (т.е. отторгнутым от массива) равнялась 7%,

т.е. 0,000025 м³ на 1 кг породы. Естественно, пористость песчаника в нетронутом массиве меньшая, чем определенная на образцах породы.

В МакНИИ Р.М. Кривицкая специальными экспериментальными работами установила, что при нагружении указанного выбросоопасного песчаника до 19,61 МПа его пористость уменьшается на 60%.

Располагая вышеприведенными данными о выбросе песчаника можно вычислить давление газа в этом песчанике в нетронутом массиве (т.е. в естественных условиях его залегания) используя для этого общеизвестную формулу:

$$P_{\text{гн}} = (P_{\text{в}} \cdot V_{\text{уог}} \cdot T_{\text{пм}}) / (T_{\text{в}} \cdot V_{\text{упгм}}), \quad (7)$$

Где: $P_{\text{гн}}$ – давление газа в нетронутом массиве, МПа;

$P_{\text{в}}$ – давление газа в выработке после выброса, МПа;

$V_{\text{уог}}$ – удельный объем газа в песчанике, м³/кг, (0,83 м³/т);

$T_{\text{пм}}$ – абсолютная температура пород в массиве, 310оК;

$T_{\text{в}}$ – абсолютная температура в выработке, 295оК;

$V_{\text{упгм}}$ – удельный объем пор в массиве, занятый газом, м³/кг;

Удельный объем пор в разрушенном от напряжений песчанике, занятый газом, определяем вычитанием объема пор ($V_{\text{опв}}$), занятого влагой из полного объема ($V_{\text{оп}}$):

$V_{\text{онг}} = V_{\text{оп}} - V_{\text{опв}}$, что составит:

$$V_{\text{онг}} = 0,000025 - 0,000006 = 0,000019 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Исходя из этого удельный объем пор, занятый газом, в песчанике, находящемся в напряженном состоянии до 19,61 МПа будем иметь:

$$V_{\text{онгн}} = 0,000019 (40/100) = 0,0000076 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Исходя из этого давление газа в нетронутом массиве песчаника будет равно:

$$P_{\text{гн}} = \frac{0,108 \cdot 0,00083 \cdot 310}{295 \cdot 0,0000076} = 12,39 \text{ МПа.}$$

Как видим в данном случае давление газа выше гидростатического на 3,24 МПа.

Следует напомнить, что в условиях современного тектонического сжатия горного массива в плоскости напластований напряжения в нем будут большими, чем приняты нами в вышеприведенных расчетах (19,61 МПа), поэтому истинное давление газа в горном массиве будет иметь значительно большие значения.

Аномально высокие пластовые давления могут также возникать от современного сжатия горного массива в плоскости напластований (в горизонтальной плоскости) за счет образования закрытой газогидродинамической системы, простирающейся на большие глубины.

Известно, что поры и трещины горного массива заполнены растворами и газами. При этом, как было показано А.Н. Ставрогиным, при определенном уровне и характере трехосного неравнокомпонентного его сжатия в нем происходит увеличение объема и проницаемости за счет образования новой системы трещин и микротрещин. При этом при современном сжатии толщи в ней возникают не только зоны неравномерного трехосного сжатия отдельных слоев (или пластов) с видоизмененными физико-механическими свойствами, но и образуются уходящие на глубину разрывы или зоны высокой проницаемости без разрыва сплошности пород. Если такая толща пород перекрыта сплошными слабопроницаемыми пластическими породами, то образование закрытых газогидродинамических систем с АВПД неизбежно. Представление о механизме образования АВПД можно получить из Рис.26. взятого нами из работы [32].

На дне закрытого и заполненного сосуда находится перевернутый стакан с пузырьком воздуха. Совершенно очевидно, что давление жидкости на верхнюю крышку сосуда с внутренней стороны будет равно атмосферному (верхний манометр будет показывать давление равным нулю $P_1=0$). На нижнем манометре, а следовательно, и в пузырьке воздуха под стаканом давление воздуха будет равно давлению столба жидкости, т.е. $P_2=\gamma_{ж} H$. Если теперь, не открывая сосуда, перевернуть стакан Рис. 26 «б», то пузырек воздуха всплывет вверх. Из – за того, что жидкость практически несжимаемая, он останется (пузырек) под прежним давлением и будет давить на верхнюю крышку сосуда и жидкость с прежней силой. т.е. $P_2=\gamma_{ж} H$. но так как высота столба жидкости также практичес-

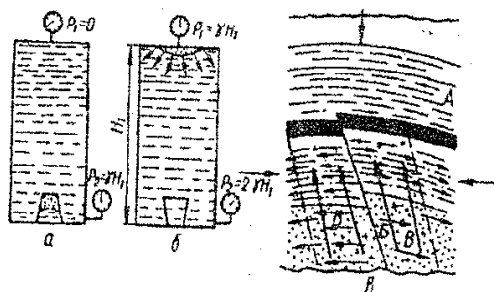


Рис. 26. К объяснению механизма образования АВПД в угленосной толще.

ки не изменилась, то в нижней части сосуда давление увеличилось в два раза, т.е. $P_2=2\gamma_{ж} H$. Аналогичные процессы происходят при образовании закрытых газогидродинамических систем в земной коре, например, в осадочной ее толще. При совре-

менном ее сжатии в плоскости напластований и наличии в ней мощных слабопроницаемых пластических слоев пород Рис. 26 «в», залегающих в верхней части толщи, возможны разрывы «Б» нижних слоев на значительные глубины по вертикали и образование зон «В» повышенной проницаемости для флюидов.

До сжатия горного массива в плоскости напластования (в горизонтальной и близкой к ней плоскости) и до образования разрыва (зоны повышенной проницаемости) для определенной части и глубин толщи горного массива характерно свое давление газа, равное гидростатическому. После образования разрыва (зоны повышенной проницаемости) газ из нижней части горного массива по разрыву «Б» (зоне повышенной проницаемости «В») будет перемещаться вверх, создавая в верхней части давление, равное тому, под которым он был в нижней части. Но так как система заполнена не только газом, но и водой, то в нижней части горного массива газ и вода будут находиться под давлением в 2 раза превышающим, то, которое было до образования разрыва (зоны повышенной проницаемости). Таким образом во всей зоне разрыва (повышенной проницаемости) давление флюидов будет аномально высоким.

Если б не имелось подпитки газа с нижней части, то его давление в зоне разрыва и повышенной фильтрации снизилось бы за счет перемещения в сторону меньших давлений (показано на Рис. 26 «в» стрелками) до гидростатического. Однако вследствие того, что подпитка продолжается неопределенно долго и современная тектоническая активность в горном массиве не прекращается, АВПД тоже сохраняется неопределенно долго. Оно может снизиться в том случае, если под действием неотектонического процесса разрыв достигнет поверхности или зона АВПД будет вскрыта выработкой или перебурена скважиной. Именно поэтому в отдельных геологоразведочных скважинах, пробуренных с поверхности, иногда наблюдается повышенный приток газа или газа с водой.

Таким образом, зоны повышенной опасности выбросов твердых ископаемых или пород отличается не только величиной и характером напряженного состояния, несколько большим метаморфизмом угля (пород) и, как следствие этого, повышенной хрупкостью и упругостью, но и большим давлением флюидов по сравнению со смежными участками горного массива.

Из вышеизложенного становится также понятно почему именно зоны мелких геологических нарушений являются наиболее опасными в отношении динамических и газодинамических явлений.

7. Характерные конфигурации полостей выбросов песчаников в шахтах Донбасса.

Характерные конфигурации полостей выбросов песчаников в шахтах Донбасса представлены на Рис. 27, «а», «б», «в», «г». Анализируя материалы Рис. 27 видим, что если выработка проходится в достаточно мощном слое песчаника, то конфигурация полости выброса в нем по отношению к поперечному сечению выработки является эллипсовидной (Рис.27 «а», «б»). В случае, если слой песчаника имеет ограниченную мощность – выброс в таком песчанике прекращается дойдя до слоя по-

род с другими реологическими свойствами и конфигурация полости выброса имеет вид, представленный на Рис. 27 «г».

Иногда конфигурация полостей выбросов песчаников имеет причудливые формы, что связано с неоднородностью реологических свойств слоя песчаника (Рис.27 «в»).

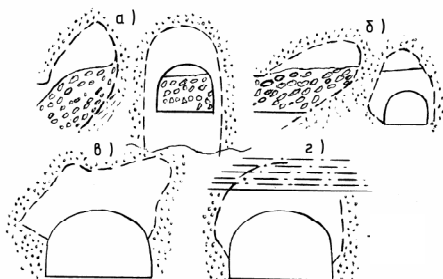


Рис.27. Характерные конфигурации полостей выбросов Донбасса.

Заключение

Данная работа – это результат более пятидесятилетней деятельности автора в области выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах. Каждая мысль автора и результаты исследований собственные и других исследователей выбросов, подвергались тщательной проверке шахтными экспериментами и данными практики, что в свою очередь порождало новые мысли, ставило новые исследовательские задачи.

Кто знаком с производственными процессами подземной разработки твердых ископаемых, тот хорошо знает, как сложно было проводить такие экспериментальные работы в условиях действующего производства, зачастую сопряженные с огромным риском для жизни экспериментаторов и их окружающих.

С другой стороны результаты таких экспериментальных работ имеют огромную ценность в их достоверности и полезности.

Именно на основании таких работ и заложены предлагаемые читателю Основы тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах.

Настоящая работа обращена в будущее, она предназначена для будущих поколений исследователей проблемы выбросов в шахтах, которым, в отличие от нас, не придется начинать с нуля.

Литература.

1. Пермяков Р.С., Проскуряков Н.М. Внезапные выбросы соли и газа. Л., Недра, 1972.
2. Волошин Н.Е. Внезапные выбросы и способы борьбы с ними в угольных шахтах. К., Техника, 1985.
3. Ставрогин А.Н. Прочность и деформация горных пород. Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: ИФЗ им. О.Ю.Шмидта, 1968.
4. Оберт Л., Стефенсон Д. Напряженное состояние, при котором происходит разрушение кернов на диски. Society of Mining Engineers, 1965, IX.
5. Николин В. И., Меликсетов С.С., Беркович И.М. Выбросы породы и газа. М.: Недра, 1967. 80с.
6. Волошин Н.Е., Тарасьев В.И. Борьба с выбросами породы в шахте. Донбасс, Донецк, 1968. 64с.
7. Николин В.И. К оценке напряжений тектонического происхождения в выбросоопасных песчаниках Донбасса. «Уголь Украины», 1970, № 7.
8. Забигаило В.Е., Широков А. З., Белый И.С. и др. Геологические факторы выбросоопасности пород Донбасса. К.: Наукова думка, 1974.
9. Галушко П.Я., Куренков Я. И., Френзе Ю.К., Халимовский М.А. Результаты исследований напряжений в массиве горных пород. Известия ВУЗов, Горный журнал, 1968, № 11.
10. Большинский М.И., Лысиков Б.А., Каплюхин А.А. Газодинамические явления в шахтах. Вебер, Севастополь, 2003г.
11. Зорин А.Н. Управление динамическими проявлениями горного давления. М.: Недра, 1978г.
12. Кропоткин П.Н. Тектонические напряжения в земной коре по данным непосредственных измерений. – В кн.: Напряженное состояние земной коры. М., 1973, с. 21 – 31.
13. Бобров И.В., Кричевский Р.М. Борьба с внезапными выбросами угля и газа. К.: Техніка, 1964.
14. Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. М., Физматлит, 2002, с. 380.
15. Волошин Н.Е., Куц О.А., Кузнецова Л.Д., Бойко Я.Н. О сезонной неустойчивости выбросов угля и пород в шахтах. «Уголь Украины», №, 2007г.
16. Бобров И.В. Способы безопасного проведения подготовительных выработок на пластах, опасных по выбросам. М.: Углетехиздат, 1964, 264с.

17. Брюханов А.М., Рубинский А.А., Тимофеев Э.И. К 100-летию первого выброса угля и газа в Донбассе. «Уголь Украины», 2006, № 11, с. 28 – 29.
18. Крапивин В. Н., Протасеня А.Г. Возможные причины стреляний горных пород в незакрепленных выработках на примере апатитовых месторождений Хибин. Записки ЛГИ, 1969, Выпуск 1, с. 49 – 61.
19. Волошин Н.Е., Ольховиченко А.Е., Воронин В.А. Газовыделение при выбросах. Донецк, «Донбасс», 1976. 43с.
20. Ожегов С.И. Словарь русского языка. М.: «Русский язык», 1984г.
21. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. К.: Наукова думка, 1972.
22. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. Издание официальное. Минуглепром Украины, К.: 2005.
23. Чередниченко А.И. Тектонофизические условия минеральных преобразований. К., «Наукова думка», 1964, 183с.
24. Вередя В.С., Урманцев Ф.М., Юрченко С.К. и др. Девять лет исследований современных движений земной коры в Донецком бассейне. Новосибирск, Современные движения земной коры, 1978, 123 – 125с.
25. Волошин Н.Е., Мирослав Шмид. Выбросы пород и газа при проходке вертикальных стволов. Сборник докладов рабочему семинару на тему: «Выбросы на шахтах ЧССР», Острава, 1987, Остравский Горнометаллургический институт. С. 113 – 127.
26. Руководство по применению метода разгрузки для определения напряженного состояния в глубине горных массивов на породах слабых и средней прочности. – Л.: ВНИМИ, 1965 – 41с.
27. Волошин Н.Е. Опережающая разработка защитных пологих пластов. М., «Недра», 1964 с. 56.
28. Быков Л.Н. Закономерности или общий закон распределения начальных пластовых давлений в нефтяных и газовых месторождениях, а также пластах, склонных к выбросам. Изв. ВУЗов, Горный журнал 1962г. № 10, с.79 – 86.
29. Аникиев К.А. Аномально высокие пластовые давления в нефтяных и газовых месторождениях. – М., «Недра», 1964 – 168с.
30. Тхостов Б.А. Начальные пластовые давления и геогидродинамические системы – М., «Недра», 1966 – 268с.
31. Волошин Н.Е., Воронин В.А., Петренко С.Я. и др. Повышение безопасности труда в глубоких шахтах. Донецк, «Донбасс», 1973, 163с.
32. Чекалюк Э.Б. Термодинамические основы теории минерального происхождения нефти. К. «Наукова думка», 1971.

Содержание

Введение	4
1. Общие сведения о выбросах твердых ископаемых и пород в шахтах.	6
2. Исследования выбросов породы и ее напряженного состояния.	11
3. Общепланетарные факторы повышающие или понижающие напряжения в твердых	25
4. Тектонофизическая теория выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах. Механизм выброса.	30
5. Значение тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород для практики.	36
6. Закономерности распределения давления газа в твердых ископаемых и породах в свете тектонофизической теории выбросов.	53
7. Характерные конфигурации полостей выбросов песчаников в шахтах Донбасса.	59
Заключение	60
Литература.	61

Наукове видання

Н.Е. Волошин

**Основы тектонофизической
теории выбросов твердых ископаемых
и пород в шахтах**

(Російською мовою)

Свідоцтво ДК № 2346 від 21.11.2005.
Підписано до друку 04.01.2007.
Папір 65 г/м², Формат 59,4 x 84_{1/16}.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографія. Ум. друк. арк. 3,7.
Наклад 100 прим. Зам. № 904.
СПД Дмитренко.
83017, м. Донецьк, б. Шевченка, 26.





**Волошин (Волошин)
Николай (Микола)
Евстафьевич (Остапович)**

ЧЛЕН НАЦІОНАЛЬНОГО СОЮЗА
ЖУРНАЛІСТОВ УКРАЇНИ,
ДОЦЕНТ, КАНДИДАТ ТЕХ. НАУК

тел.: (062) 95-27-82

83017, Донецьк-17,
бульвар Шевченка,
дом 73, кв. 37