

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

ГОУ ВПО  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО  
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО ЛНР  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет  
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**  
**кафедры разработки месторождений полезных ископаемых**

**№4 (2018)**

# **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**по материалам международной научно-практической  
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов**

**г. Донецк, 24 мая 2018 г.**

ДОНЕЦК  
2018

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 4. / редкол.: Н.Н. Касьян [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2018. – 226 с.

Представлены материалы научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых» в рамках проведения IV-го международного научного форума «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» Донецкой Народной Республики. Представленные материалы отражают широкий диапазон научных исследований по актуальным проблемам в области геотехнологии, геомеханики, геоинформатики и экологии при разработке месторождений полезных ископаемых.

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников угольной промышленности, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов горных специальностей.

Организатор конференции – кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых» (РМПИ) Горного факультета ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Соорганизаторы конференции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула, РФ);

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Республика Казахстан);

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» (г. Алчевск, ЛНР).

Организационный комитет:

Касьян Николай Николаевич – председатель конференции, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РМПИ;

Новиков Александр Олегович – зам. председателя конференции, д-р техн. наук, профессор кафедры РМПИ;

Касьяненко Андрей Леонидович – секретарь конференции, канд. техн. наук, доцент кафедры РМПИ.

Конференция проведена на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк) 24 мая 2018 г.

Члены организационного комитета:

Петренко Юрий Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры РМПИ;

Стрельников Вадим Иванович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры РМПИ;

Шестоपालов Иван Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры РМПИ.

Редакционная коллегия:

Касьян Н. Н. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Новиков А. О. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Петренко Ю. А. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Саммаль А. С. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры механики материалов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»;

Хуанган Нурбол – доктор Ph.D., заведующий кафедрой промышленного транспорта Карагандинского государственного технического университета;

Леонов А. А. – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет»;

Стрельников В.И. – канд. техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Касьяненко А. Л. – канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л.Н., ведущий инженер кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Статьи публикуются в авторской редакции, ответственность за научное качество материала возлагается на авторов.

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», 9-й учебный корпус, Горный факультет, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», каб. 9.505, тел.: +3(8062)300-2475, 301-0929, E-mail: [rpm@mine.donntu.org](mailto:rpm@mine.donntu.org), WWW: <http://krmpi.gf.donntu.org>

УДК 622.81

## ОТРАБОТКА ПЛАСТОВ ОПАСНЫХ ПО ГОРНЫМ УДАРАМ

**Воронова И.Н., Гомаль И.И.\***

*В статье представлено современное понятие о проявлении в угольных шахтах газодинамического явления, которое носит название горные удары. С целью обеспечения безопасных условий труда, предложены различные мероприятия прогноза и борьбы с горными ударами.*

*Ключевые слова:* горный массив, опасные и угрожаемые угольные пласты, очистные работы, горное давление, горные удары.

На горнопромышленных предприятиях горные удары происходят при разработке угольных пластов. Горные удары носят характер крупных аварий и существенно влияют на безопасность труда и в целом на производственную деятельность предприятия [1].

Горный удар – явление скачкообразного перехода упругой энергии предельно напряженного массива вокруг горных выработок и веса вышележащих пород в работу сдвижения и разрушения горных пород вследствие нарушения неустойчивого равновесия продуктивной толщи (пласта), внешней или (и) внутренней силами, обусловленными ведением горных работ [2]. Горные удары происходят как при непосредственном воздействии на краевую часть массива горных пород, так и при отсутствии непосредственного воздействия.

Разрушение целика, краевой части угольного пласта или массива горных пород сопровождается смещением значительного количества угля или породы в подземные выработки, нарушением крепи, смещением машин, механизмов, оборудования и газовой выделением, при разрушении газоносных угольных пластов и пород [1], резкий звук, образование пыли, воздушной волны [2].

Причины горных ударов — высокое опорное горное давление и значительная прочность и упругость угля и пород. Указанные условия способствуют накоплению большой потенциальной энергии в угольном массиве (породе), которая при превышении предела упругости угля (породы) моментально расходуется на разрушение [3].

Результаты исследований по проблеме горных ударов показали, что условия проявления горных ударов определяются следующими горно-

---

\* Воронова И.Н. – студентка группы РККз-13

Гомаль И.И. – к.т.н., проф. (научный руководитель)

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

геологическими и горнотехническими факторами:

- наличием мощных и крепких слоев пород, залегающих в почве и кровле, разрабатываемых угольных пластов или пород;
- высокой крепостью и упругостью удароопасного массива горных пород;
- глубиной горных работ;
- ведением горных работ с оставлением целиков;
- ведением горных работ под целиками;
- изрезанностью массива горных пород выработками;
- применением камерных и камерно-столбовых систем разработки;
- ведением работ встречными забоями;
- отработкой целиков.

Из анализа условий проявления горных ударов следует, что они происходят в зонах концентрации напряжений, возникающих в результате перераспределения при ведении горных работ, горного давления или наложения нескольких зон опорного давления в угольных пластах и породах, обладающих высокими упругими свойствами и склонными к хрупкому разрушению [1].

По силе проявления горные удары подразделяются на собственно горные удары, микроудары, толчки и стреляния [3]. Микроудары сопровождаются звуком, сотрясанием горного массива и образованием пыли без нанесения серьезного ущерба. Толчок проявляется в виде сотрясения пород, разлома и выдавливания части массива без разрушения на куски. Стреляние проявляется в виде отскакивания от массива кусков, чешуек пород (угля) и сопровождается звуковым щелчком. Собственно, горные удары происходят в целиках перед лавой, в том числе в краевой части целика (перед лавой), в выработках за фронтом горных работ с разрушением пород кровли или выдавливанием пород почвы. По степени опасности возникновения горных ударов пласты подразделяются на опасные и угрожаемые. К опасным относятся пласты на тех горизонтах шахтного поля, в пределах которых происходили горные удары, а также пласты на нижележащих горизонтах того же шахтного поля. К угрожаемым относятся пласты с глубины не менее 150 м, на которых происходили микроудары в пределах шахтного поля, или были горные удары на шахте, ведущей работы на смежных полях. Угрожаемые пласты с определенной глубины переводят в опасные. Отдельные участки удароопасных пластов разделяют на четыре категории. Участки I категории характеризуются наличием повышенной удароопасности, IV категории являются неудароопасными. Участки II и III категории занимают промежуточное положение [2].

Обнаружение участков, опасных по горным ударам, дает возможность своевременно приводить их в неудароопасное состояние [2]. В настоящее время для прогноза горных ударов широко используют визуальный метод. Визуальными признаками, характеризующими удароопасность, являются: шелушение (разрушение массива по контуру выработки на отдельные пластины), интенсивное заколообразование, стреляние, толчки, микроудары и собственно горные удары [1].

Определение категории удароопасности по выходу буровой мелочи заключается в сборе буровой мелочи с каждого метра скважины при ее бурении в плоскости пласта. Замеры выхода буровой мелочи осуществляют в массовом (кг/м) или объемном (л/м) измерении. Если хотя бы одна точка кривой выхода буровой мелочи попадает в область I или II категории удароопасности, то весь участок считают удароопасным [2]. При бурении скважин в массиве горных пород, на участках, на которых напряжения превышают предел прочности на одноосное сжатие в 1,7-3,5 раза, наблюдается повышенный выход буровой мелочи. В этих условиях значения максимального напряжения в массиве горных пород может быть определено по формуле [1]:

$$\sigma_{max} = (4V_1 \cdot V_2^{-1} - 2,3) [\sigma_{сж}]; \quad (1)$$

при  $1 < V_1 \cdot V_2^{-1} < 1,3$ ,

где  $V_1$  – фактический выход буровой мелочи;

$V_2$  – номинальный выход буровой мелочи;

$[\sigma_{сж}]$  – предел прочности на одноосное сжатие.

Определение категории удароопасности по крупности буровой мелочи заключается в рассеивании проб буровой мелочи с каждого метра скважины при ее бурении и определении процентного содержания класса крупности более 2 – 3 мм. По графику изменения процентного содержания крупности буровой мелочи по длине скважины определяют удароопасность пласта [2].

Определение категории удароопасности по изменению естественной влажности осуществляют посредством отбора проб штыба при бурении скважин и лабораторного определения средней влажности. По влажности и расстоянию от обнажения пласта до участка скважины с минимальной влажностью определяют категорию удароопасности. Скважины бурят по самой прочной пачке в местах наиболее подверженных горным ударам (бока выработок, ниши, уступы лавы, целики и т.д.).

Оценку удароопасности по прочностным свойствам производят путем вдавливания пуансона в обнаженную поверхность или с помощью

прочностнометра. Зная предел прочности угольного пласта на одноосное сжатие, эмпирически оценивают глубину  $H$  (м) возможного возникновения горных ударов:

$$H = 620 + 0,8\sigma_{п.о.} / (k\rho g), \quad (2)$$

где  $\sigma_{п.о.}$  – предел поверхностной прочности обнажения угольного пласта при одноосном сжатии, Па;

$k$  – вероятностный коэффициент концентрации напряжений (в несложных горнотехнических условиях  $k = 1,5 - 2$ , в сложных  $k = 3 - 4$ );

$\rho$  – плотность пород покрывающей толщи, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Применяют также другие способы оценки удароопасности (например, по изменению электропроводности, по сейсмоакустической активности). Удароопасность определяют не реже одного раза в три года при неизменной горнотехнической обстановке и периодически при ее изменении [2].

Совершенствование технологии разработки месторождения предусматривает применение комплекса региональных и локальных мероприятий по предотвращению горных ударов.

В региональных мероприятиях предусматривается: прямолинейность очистного забоя, недопущение отставания отдельных блоков от соседних, использование сплошных систем разработки, закладка выработанного пространства, использование безлюдных способов выемки.

К локальным мероприятиям относится: недопущение искривления очистного забоя, специальные формы подготовительных и очистных забоев, исключение взаимного влияния сближенных выработок [1].

Основные требования к системам разработки удароопасных угольных пластов сводится к тому, чтобы отработка их осуществлялась без оставления целиков и выступающих участков при минимальной изрезанности шахтного поля горными выработками.

Проведение выработок должно осуществляться за пределами зоны опорного давления при соблюдении расстояний между параллельными выработками не менее  $4d$  (где  $d$  – наибольший размер поперечного сечения выработки), в присечку к заложенному выработанному пространству, а сбойка выработок должна производиться вне зоны влияния очистных работ [1].

При наличии в свите защитных пластов, залегающих в кровле и почве опасного пласта, в первую очередь отрабатывают вышележащий пласт. Если все пласты опасные, то начинают разработку наименее опасного. Ес-

ли пласты все одинаково опасны или степень опасности не определена, то разработку начинают с пласта, имеющего наименьшую мощность.

Защитные пласты следует отрабатывать без оставления целиков угля, с тем, чтобы избежать концентрации давлений при отработке опасного пласта в зоне влияния целиков, ранее оставленных в защитном пласте, допускается только после погашения этих целиков.

При отработке опасного или угрожаемого мощного пласта наклонными слоями первый отрабатываемый слой является защитным по отношению ко всем остальным. Порядок отработки слоев должен быть нисходящим.

Защитное действие отработки защитных пластов ограничено во времени из-за слеживания обрушенных пород на защитных пластах. Поэтому опасные пласты в пределах защищенных зон могут отрабатываться как неопасные и неугрожаемые в течение не более 5 лет [3].

Удароопасные пласты или их участки, не защищенные наработкой защитных пластов, нужно приводить в безопасное состояние другими способами. Для этого с целью создания защитной зоны применяется бурение скважин большого диаметра (разгрузочных), предварительное нагнетание воды в пласт и камуфлетное взрывание.

Путем бурения разгрузочных скважин можно обеспечивать снижение склонности пород к накоплению потенциальной энергии, вследствие неупругого деформирования массива горных пород между скважинами.

Параметры способа: глубина скважин принимается исходя из технологических соображений; расстояние между скважинами определяется опытным путем [1].

Камуфлетное взрывание применяют в тех случаях, когда длина скважин не превышает 10 м. Зарядом взрывчатого вещества заполняют не более половины длины скважин, остальную часть – забойкой. Расстояние между скважинами зависит от категории удароопасности, типа ВВ, вида забойки и составляет 0,8 – 1,5 м [2].

При нагнетании воды в зависимости от режима нагнетания может происходить пластификация или рыхление угольного пласта, вследствие чего снижается потенциальная энергия упругого деформирования угля в зоне нагнетания воды. С целью предотвращения горных ударов нагнетание воды может производиться: в режиме увлажнения, в режиме гидрорыхления или гидроотжима [1].

## **Выводы**

Газодинамические явления происходят во многих странах мира на разных глубинах при добыче полезных ископаемых подземным способом,



---

---

при проведении горных выработок. Газодинамические явления могут проявляться в виде горных ударов, которые оказывают негативное влияние на безопасность и технико-экономические показатели горных работ. В связи с тем, что горные удары возникают в результате воздействия гравитационных сил, все способы их предотвращения базируются, как правило, на принципах разгрузки угольных пластов и пород.

### Библиографический список

1. **Большинский, М. И.** Газодинамические явления в шахтах : монография / М. И. Большинский, Б. А. Лысиков, А. А. Каплюхин – Севастополь: «Вебер», 2003. – 284 с.
2. **Безопасность ведения горных работ** и горноспасательное дело: Учеб. для вузов / К. З. Ушаков [и др.], под общей редакцией Ушакова К. З. – 2-е изд., стер. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. – 487 с.: ил.
3. **Гриф, Б. В.** Охрана труда в угольной промышленности / Б. В. Гриф, С. П. Горчаков. – М.: Недра, 1988. – 351 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агарков А.В., Симонов А.М., Карнаух Н.В., Мавроди А.В., Захлебин В.В.</i> Поддержание подготовительных выработок в условиях шахты имени Челюскинцев .....	4
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Касьян Н.Н.)</i> Совершенствование конструкции сооружения из рядовой породы, помещенной в оболочку, с целью улучшения его нагрузочно- деформационной характеристики .....	12
<i>Вережникова Е.А., Зозуля Я.Д. (научн. рук. Макеев А.Ю., Шестопалов И.Н.)</i> Методика расчета параметров комбинированной рамно-анкерной крепии .....	19
<i>Воронова И.Н. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Отработка пластов опасных по горным ударам.....	30
<i>Высоцкий С.А., Дрига И.В. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Особые требования при технологии ликвидации вертикального ствола угольной шахты.....	36
<i>Гречко П.А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Изучение проявлений горного давления с помощью лазерных сканирующих систем .....	40
<i>Гнидаш М.Е., Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Особенности поддержания конвейерных штреков при различных вариантах сплошной системы разработки в условиях шахты «Коммунарская» «ПАО Шахтоуправление «Донбасс».....	45
<i>Елистратов В.А. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Возможные направления использования геотермальной энергии угольных шахт .....	54
<i>Иванюгин А.А. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Компьютерные технологии рецензирования проекта разработки угольного пласта .....	59
<i>Иващенко Д.С., Гнидаш М.Е. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Охрана подготовительных выработок глубоких шахт комбинированными опорными конструкциями .....	68
<i>Кириленко Ю.И. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Исследование состава пород угольных пластов Донецко-Макеевского района Донбасса .....	79

---

---

<i>Корниенко И.М., Сидяченко О.А. (научный руководитель Скаженик В.Б.)</i> Компьютерная анимация горных работ на угольных шахтах .....	87
<i>Кукота М.В. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Анализ существующих методов борьбы с внезапными выбросами в условиях ОП «Шахта Холодная Балка» ГП «Макеевуголь» и в мировой практике .....	91
<i>Манухин С.В., Склепович К.З.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород при анкероании почвы подготовительной выработки .....	99
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И.</i> Исследование физико-механических свойств и процессов развития нарушенности в несущих слоях горного массива .....	105
<i>Николаев И.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Касьян Н.Н., Дрипан П.С.)</i> Перспективные направления совершенствования технологии применения анкерной крепи .....	109
<i>Обедников Д.В. (научный руководитель Литвинский Г.Г.)</i> Разработка программы расчета на ЭВМ смещений пород в горных выработках .....	115
<i>Онокий Э. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Анализ методик оценки устойчивости пород в горных выработках .....	123
<i>Павленко Ю.В. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)</i> Особенности применения анкерной крепи для поддержания конвейерных штреков в условиях глубоких шахт Донбасса .....	130
<i>Панин Ф.А., Панин А.А. (научн. рук. Соловьев Г.И., Малышева Н.Н.)</i> Особенности применения комбинированных способов поддержания подготовительных выработок глубоких шахт Донбасса .....	139
<i>Палейчук Н.Н., Санин Д.А. (научный руководитель Рябичев В.Д.)</i> Обоснование вида переправы Керченского пролива .....	153
<i>Палейчук Н.Н., Спичак Ю.Н.</i> Экономические аспекты геотехнологии на шахтах Восточного Донбасса .....	157
<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Горбунов И.Э.</i> Выбросоопасность пологих нарушенных угольных пластов Донбасса .....	163

---

---

<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Гетманец Л.В.</i> Комплекс факторов, оказывающих влияние на формирование газодинамической активности угольных пластов, при проведении подготовительных выработок.....	170
<i>Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> Анализ химических растворов, применяемых при упрочнении пород.....	187
<i>Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> Временная набрызгбетонная крепь основных выработок, сооружаемых буровзрывным способом.....	191
<i>Сивоконь М.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)</i> Определение комплекса социально-экономической информации при проектировании технологической схемы угольной шахты .....	193
<i>Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Обоснование и выбор мероприятий по предотвращению газодинамических явлений при проведении участковых пластовых выработок в условиях пласта $h_6$ ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК».....	196
<i>Терлецкий Ю.Н., (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> О возможности переработки углей Донецкого бассейна в синтетическое жидкое топливо .....	200
<i>Холод А.Н. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Анализ существующих технологических схем ремонта горных выработок .....	207
<i>Чулаков К.П. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> О повышении устойчивости выработок в условиях НШУ «Яреганефть» ООО «Лукойл-Коми» .....	216
<i>Якубовский С.С. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Обоснование и выбор способа охраны магистральных выработок при разработке запасов уклонного поля пласта $h_{10}^B$ ОП «Шахта им. С.М. Кирова» ГП «Макеевуголь» .....	219

Сборник научных трудов кафедры разработки месторождений  
полезных ископаемых ГОУВПО «ДОННТУ»

# Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

## № 4 (2018)

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов