

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчетные методы в механике горных пород и выбросов: Справочное пособие / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров и др. – М.: Недра, 1992. – 256 .
2. Петухов И.М. Механика горных ударов и выбросов / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. – М.: Недра, 1983. – 279 с.
3. Рыжков Ю.А. Механика и технология формирования закладочных массивов / Ю.А. Рыжков, А.Н. Волков, В.А. Гоголин. – М.: Недра, 1985. – 291 с.
4. Вылегжанин В.Н. Структурные модели горного массива в механике геомеханических процессов / В.Н. Вылегжанин, П.В. Егоров, В.И. Мурашев. – Новосибирск: Наука, 1990. – 291 с.
5. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969. – 410 с.
6. Справочное пособие для служб прогноза и предотвращения горных ударов на шахтах и рудниках / П.В. Егоров, В.В. Иванов, В.В. Дырдин и др. – М.: Недра, 1995. – 238 с.

□Авторы статьи:

Дягилева Анна Владимировна - канд.техн.наук , доц. каф. высшей математики	Гоголин Вячеслав Анатольевич - докт.техн.наук, проф. каф. прикладной математики	Елкин Иван Сергеевич - канд.техн.наук, доц. каф. физики	Плотников Евгений Анатольевич - аспирант
------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

УДК 622

П.В. Егоров, С.И. Калинин, Б.П. Агудалин, О.П. Егоров

О СВЯЗИ ГОРНЫХ УДАРОВ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

По поводу механизма горных ударов высказано много предложений и гипотез, однако к настоящему времени нельзя сказать, что мы располагаем достаточными обоснованиями, правильными представлениями о природе этого явления. Как отмечал еще С.Г. Авершин [1], многие авторы недостаточно часто разграничитывают вопросы условий возникновения горных ударов, в частности условий накопления запасов потенциальной энергии упругой деформации, от вопросов собственно механизма горного удара. Это, несмотря на то, что в нашей стране впервые горные удары появились на угольных шахтах Кизеловского бассейна и тогда рассматривалось разрушение угольных целиков и краевых частей пластов. Позже горные удары проявились на буроугольных месторождениях Средней Азии, на Партизанском месторождении, в Кузбассе и в Воркуте. В шестидесятые годы горные удары начали возникать на рудниках. Горные удары возникали в самых различных условиях (на малых и больших глубинах, в целиках и краевых

частях угольных пластов и т.п.).

В связи с возникновением горных ударов в горнодобывающей промышленности появилось много причин, с помощью которых исследователи пытались объяснить их происхождение.

Одни исследователи говорили, что горные удары являлись следствием землетрясений, другие связывали с подвижками пород и угля по поверхности тектонических трещин, когда последние оказываются в зоне сдвижения пород. Немало исследователей объясняло возникновение горных ударов тем, что зависающие над очистной выработкой слои пород при определенных, предельных пролетах не выдерживают и бурно обрушаются.

Рассмотрим несколько случаев возникновения горных ударов произошедших различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Рассмотрим ряд горных ударов, произошедших на буроугольных месторождениях Средней Азии, отличающийся высокой сейсмичностью.

За первую версию была

принята версия, заключающаяся в том, что горные удары являются следствием землетрясений.

Как указывалось в [2], в отношении связи горных ударов с землетрясениями можно отметить следующие. Из приведенной справки сейсмической станции "Ташкент" АН СССР видно, что из 20 случаев дни проявления горных ударов и землетрясений совпали 7 раз. Время возникновения горных ударов и землетрясений совпало только в двух случаях.

Ближайшая к Шурабу сейсмическая станция "Фергана", регистрирующая местные (более слабые) землетрясения, в дни возникновения и проявления горных ударов сейсмических явлений не зарегистрировала. Далее в работе [2] отмечается, что 14 ноября 1956 г. в Шурабе наблюдались толчки и колебания земной поверхности, вызванные землетрясением (по данным сейсмической станции "Ташкент" эпицентр его находится в Пакистане). Однако обследование горных выработок шахт Шурабского месторождения № 8 и шахт Смоктинского

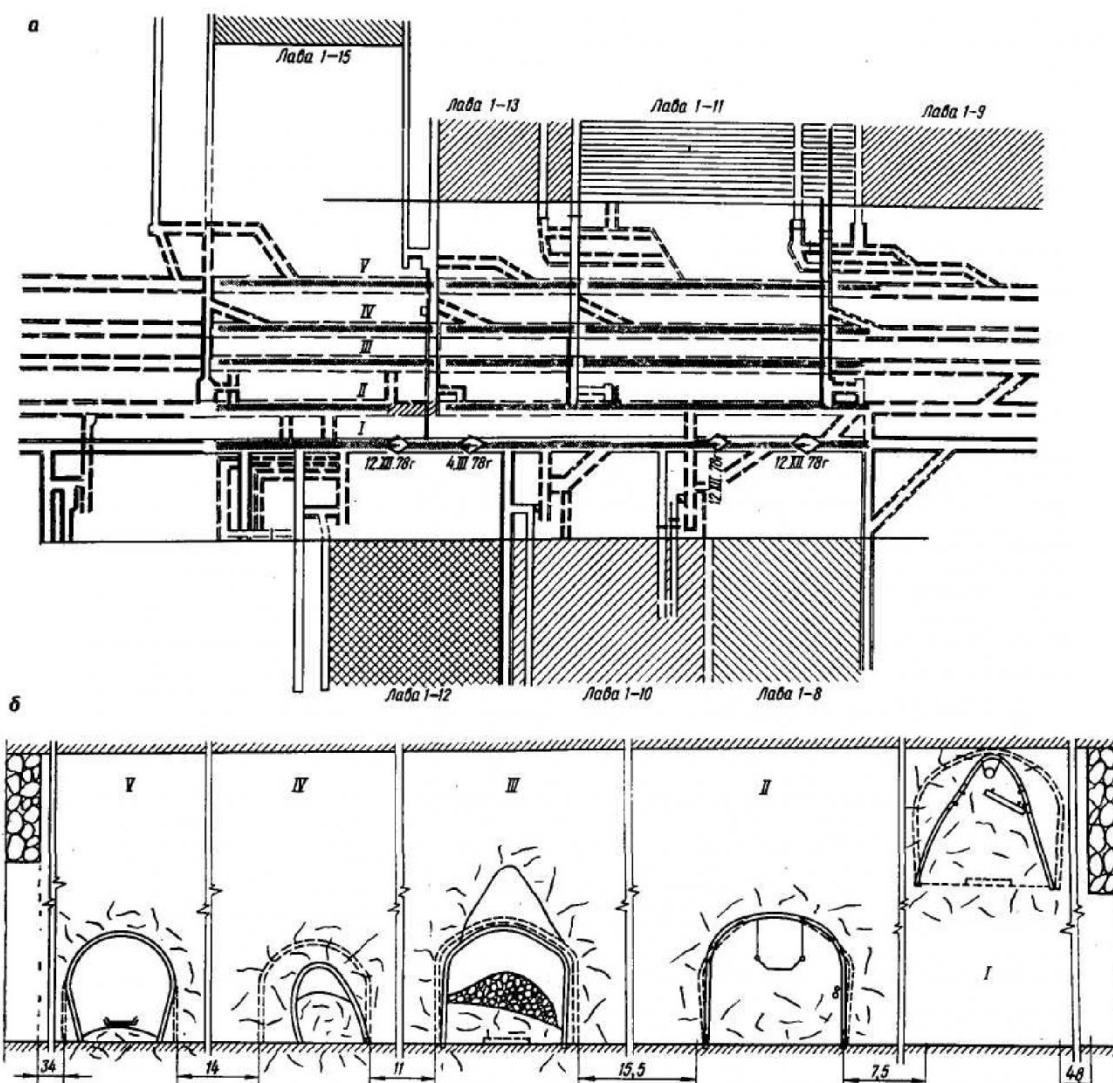


Рис. 1. Выкопировка с плана горных работ (а) и характер проявления горных ударов в уклонах (б): I, II, III, IV – соответственно уклоны путевой № 1, конвейерный, вентиляционный № 1, вентиляционный № 2, путевой № 2. Ромбами со стрелками показаны места проявления горных ударов

месторождения показало, что прямой связи между землетрясениями и горными ударами нет.

Теперь рассмотрим проявление ряда горных ударов, произошедших на шахте "Усинская", расположенная в юго-западной части Ольжерасского месторождения Томусинского угольного района в Кузбассе [3].

Шахта разрабатывала пласт III, залегающий под углом 8-12°, мощностью 8,5-9 м. Выше его залегает нерабочий пласт I мощностью 0,4-0,7 м, а ниже пласт IV-V мощностью до 10 м. Горизонт ± 0 м вскрыт пятью уклонами, пройденными по

пласту III (рис. 1). Путевой уклон пройден у кровли, а остальные – у почвы. Путевой № 1, конвейерный и вентиляционный № 1 уклоны были закреплены металлической арочной крепью А13-22; вентиляционный № 2 – металлической арочной крепью А1-9 и путевой № 2 – крепью А10-17. Расстояние между рамами составляло 0,4-0,8 м. Ширина целиков между уклонами – 7,5-15,5 м, между путевым уклоном № 1 и выработанным пространством (лавы № 1-8, 1-10 и 1-12) – 48 м, а между путевым уклоном № 2 и выработанным пространством (лавы № 1-9, 1-11 и 1-13) – 34 м.

Пласт разрабатывался на глубине 400-500 м тремя наклонными слоями в нисходящем порядке. Слои отрабатывались столбами по простианию с выемкой угля механизированными комплексами без оставления подэтажных целиков.

Пласт III – сложный с прослойями аргиллита мощностью 0,1-0,6 м, которые разделяют его на 3-4 пачки. Уголь представлен переслаиванием полублестящих и полуматовых петрографических разностей с $f = 0,8-1,5$. Наиболее мощная и прочная пачка угля расположена у почвы пласта. Непосредственная кровля (до 12 м и почва пласта представлены песча-

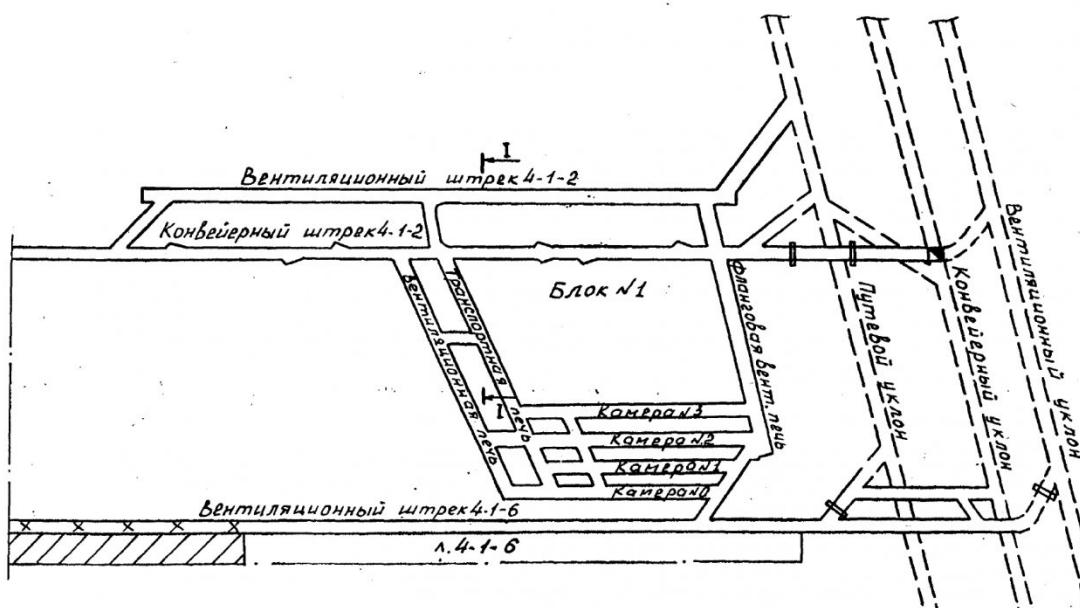


Рис. 2. Технологическая схема отработки выемочного столба с использованием камерно-столбовой системы разработки в восходящем порядке

нистым алевролитом с $f = 5-7$, а основная кровля – крепкими песчаниками ($f = 9-12$).

Первый горный удар в уклоне произошел 4 марта 1978 г., когда горные работы велись в лавах № 1-12 и 1-13 (см. рис. 1, а). Расстояние между путевым уклоном № 1 и забоем лавы № 1-12 на момент проявления горного удара составляло 82 м, а

между путевым уклоном № 2 и забоем лавы № 1-13 – 94 м. В результате горного удара все пять уклонов на расстоянии до 120 м были деформированы. Характер деформаций был аналогичен показанному на рис. 1, б. После восстановления уклонов очистные работы были продолжены. При этом размеры фланговых целиков были уве-

личены до 70 м. Затем 12 декабря 1978 г. в течение суток произошло три горных удара, в результате которых все уклоны были деформированы на расстоянии до 400 м по падению пласта. На 12 декабря расстояние между путевым уклоном № 2 и очистным забоем лавы № 1-15 составляло около 160 м.

Обследование обстоя-

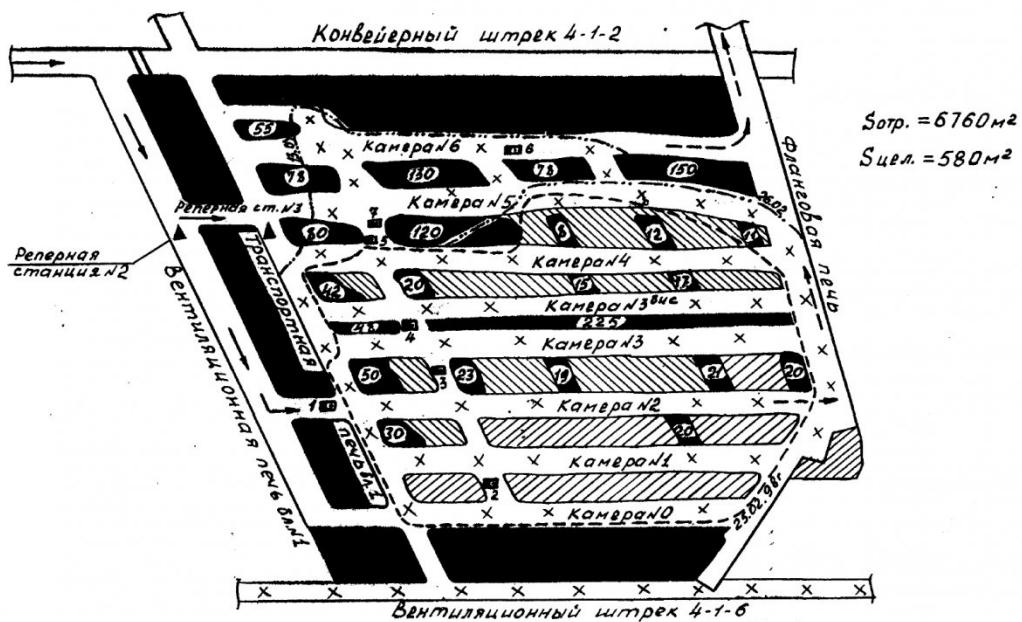


Рис. 3. Размещение в выработках блока №1, столб 4-1-4 наблюдательных станций: ▲ – глубинные реперы; ■ – самописец смещения кровли (СПН-22); ----- – контур первичного обрушения кровли; – контур вторичного обрушения кровли; ■■■ – целик угля; //// – отработанные столбы; XX – погашенные выработки

тельств возникновения горного удара, произошедшего ночью 12 декабря, членам комиссии стало известно от очевидцев, что проявление горного удара сопровождалось сотрясением земной поверхности и зданий расположенных на промплощадке шахты.

После обследования разрушенных выработок горным ударом было установлено, что произошло обрушение кровли пласта, которое просматривалось из-за секций крепи на мощность около 12 м. Обрушение кровли имело не беспорядочный вид, а как бы отдельным блоком, произошло его оседание.

После выхода из шахты, часа через два, происходит новый горный удар. Все члены комиссии ощутили сотрясание здания, звон люстры, графин с водой "поехал" по сейфу. Через институт геологии и геофизики СО АН СССР уточнили, что сейсмическая станция Новосибирска зафиксировала сотрясения земной поверхности, которое оценивалось в 2-3,5 балла по шкале Рихтера. После этого у членов комиссии возник вопрос, что было первичным, техногенное землетрясение, представляющее собой обрыв толщи пород или разрушение целиков у горных выработок.

Экспертной комиссией было установлено, что горные удары в уклонах возникли из-за недостаточных размеров целиков между уклонами, а также между уклонами и выработанным пространством в связи с возрастанием на них нагрузок с развитием очистных работ по площади. Ширина целиков между уклонами должна равняться $0,5 l$, а фланговых целиков – l , где l – ширина зоны опорного давления.

В 1999 г. представилось возможным на той же шахте "Усинская" выяснить, что является первичным техногенное землетрясение или проявление горного удара.

На шахте "Усинская" в качестве эксперимента была при-

менена на пласте IV-V камерно-столбовая система разработки (рис. 2) [3]. Испытания технологической схемы проведены в условиях шахты в выемочном столбе 4-1-4 при отработке верхнего слоя.

330 м.

Выемочный столб 4-1-4 по простирианию был разделен на 5 отдельных блоков с одинаковыми параметрами, как по простирианию, так и по падению.

Проведение подготовитель-

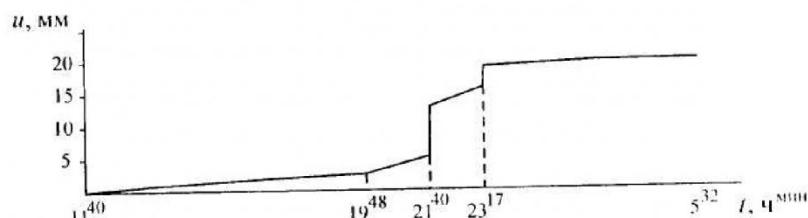


Рис. 4. График смещения пород кровли во времени

Общая мощность пласта составляла около 10 м, полезная – 9,36 м. Пласт содержит прослой углистого аргиллита мощностью 0,6 м, залегающий в 0,9 м ниже кровли пласта. Уголь пласта IV-V преимущественно полублестящий, полосчатый, коэффициент крепости по шкале Протодьяконова – 0,8-1,5. Углы падения пласта изменяются от 8 до 15°. Непосредственно над пластом залегает слой песчаника среднезернистого мощностью 12-14. Выше по разрезу залегают слои гравелитов мощностью 4 м и тонкозернистого песчаника мощностью 5 м. Далее почва пласта III, залегает слой крупнозернистый алевролитов мощностью 7,45 м с прослойми мелкозернистого песчаника.

Пласт по всей площади выемочного столба 4-1-4 имеет нарушенность в виде эпигенетических (русловых) размывов пласта по кровле. Глубина выклинивания размывов в пласт достигает до 2,5 м, ширина размывов составляет 6-10 м. Размывы представлены прочными соединениями галечников с песчаником. Связь пород размывов с углем – слабая, вследствие чего они создают высокие нагрузки на крепь выработок, осложняют взаимодействие механизированных крепей с кровлей в очистных забоях.

Глубина ведения горных работ в пределах выемочного блока № 4 изменяется от 280 до

ных выработок сечением от 15 до 30 м² со скоростью 20-25 м/сут не оказывало в рассматриваемых условиях заметного влияния на проявления горного давления.

Существенными технологическими факторами, влияющими на обеспечение удовлетворительного управления горным давлением, следует считать:

- длина блока по простирианию;
- ширину междукамерных целиков;
- отношение между отработанной площадью пласта и площадью оставляемых целиков (рис. 3).

Оценка влияния целиков на эффективность управления горным давлением производилась путем изменения шага их расположения по простирианию, который изменялся от 3,3 до 13 м. Кроме того, исследование геомеханических процессов позволило установить критические скорости смещения и выделить в зависимости от них стадии опасных проявлений горного давления [5].

Необходимые измерения выполнялись с помощью глубинных реперов и самописцев перемещений СПН-72.

При начале деформирования основной кровли сначала происходит формирование трещин, затем отслоение, разлом и обрушение пород. На рис. 4 представлен фрагмент записи смещения в период первичной

осадки в блоке 1 (рис. 4), где U – смещение, t – время. В 21 ч 40 мин 25.02.98 г. произошел разлом. Разгрузка пласта была такой интенсивной, что Таштагольская сейсмостанция, находящаяся на расстоянии 100 м от шахты, зафиксировала ее как сейсмическое событие с энергией 10^9 Дж. В 23 ч 17 мин последовало обрушение пород.

Критическое значение подработанной площади, которое обрушилось, составило 6200 м^2 . После того, как обрушились породы кровли, разрушился уголь в краевых частях пласта и образовалась щель между пластом и кровлей, а также выдавило разрушившийся уголь из почвы конвейерного штрека, пройденного у кровли пласта.

На основе анализа случаев горных ударов, произошедших на шахте "Усинской" Южного

Кузбасса, можно сделать вывод, что первичным является разлом прочных пород кровли, который в настоящее время пытаются называть как техногенное землетрясение, а затем в процессе колебательного процесса происходит разрушение перенапряженного угля. Попытка некоторых авторов назвать описанные выше горные удары как горно-тектонические является по нашему мнению неправомерным.

Анализ показывает, что прямой связи глубинных землетрясений с горными ударами не существует, а существует связь с техногенными землетрясениями, которые вызывают сейсмические колебания в земной коре при любых антропогенных, динамических или статических воздействиях на окружающую среду. Как известно

[5] сейсмически колебания, возникающие в горном массиве по различным причинам после или в процессе техногенного воздействия, принято называть наведенной сейсмичностью, которая в свою очередь подразделяется на индуцированную и инициируемую.

Индукционная сейсмичность возникает только как реакция горного массива на техногенное воздействие и без воздействия не происходит. Эта реакция массива на воздействие может состоять в изменении условий взаимодействия структур внутри массива, либо явиться причиной перераспределения естественного напряженного состояния между структурами с высвобождением некоторой его части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авершин С.Г. Горные удары // Углехимиздат. – М., 1955. – 234 с.
2. Бич Я.А., Федотов А.П. Горные удары на шахте № 8 Шурабского бурового месторождения. Исследование горного давления и приборы для маркшейдерских съемок (Сборник статей) // Углехимиздат. – М., 1959. – С. 3-26.
3. Егоров П.В. Прогноз и предотвращения горных ударов на шахтах Кузбасса // Уголь, № 12. – С. 44-46.
4. Агудалин Б.П., Егоров П.В., Калинин С.И., Субботин А.И., Сурков А.В., Сердобинцев Н.Г. Опыт отработки мощного пласта в сложных горно-геологических условиях камерно-столбовой системой // Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. – Кемерово: Кузбассвязиздат, 2000.
5. Егоров П.В., Калинин С.И., Агудалин Б.П. Технологические и геомеханические параметры камерно-столбовой системы отработки мощного пологого пласта // ФТ ПРМПИ. № 5, 2001. – С. 30-33.
6. Адушкин В.В. О классификации техногенной сейсмичности. Сб. докладов Международного совещания. Технологическая сейсмичность при горных работах: Модели очагов, прогноз, профилактика. Часть 1. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2004. – 225 с.

□ Авторы статьи:

Егоров

Петр Васильевич
– докт. техн. наук,
проф., зав. каф. разработки
месторождений полезных
ископаемых подземным
способом

Калинин

Степан Илларионович
– докт. техн. наук, проф.
каф. разработки месторо-
ждений полезных иско-
паемых подземным спосо-
бом

Агудалин

Борис Петрович
– канд. техн. наук,
генеральный директор
ЗАО "Сибиргинский раз-
рез"

Егоров

Олег Петрович
– канд. техн. наук, доц.
каф. разработки месторо-
ждений полезных иско-
паемых подземным спосо-
бом