

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОБРУШЕНИЙ ПОТОЛОЧИН КАМЕР НА ГИПСОВЫХ ШАХТАХ

На материалах натурных измерений выполнено количественный та якісний аналіз обвалень покрівель в камерах гіпсових шахт.

THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF CAMERA CEILING FAILURES AT GYPSUM MINES

The quantitative and qualitative analysis of ceiling failures in cameras at gypsum mines are made on materials of in-situ measurements.

Практика свидетельствует, что только сочетание аналитического метода с использованием фактического материала, накопленного опытом ведения горных работ, позволит разработать надежные инженерно-технологические решения по долговременной устойчивости камер на гипсовых шахтах.

Для гипсовых пластов имманентно присуща слоистость, которая в процессе ведения горных работ является причиной формирования множества плоскостей отдельностей существенно снижающих связность породного массива. Наличие вертикальных трещин в продуктивных толщах, которые прослеживаются под разными углами к наслоениям массива, ослабляет их, что в совокупности уменьшает прочность потолочины камер, работающих на растяжение пород в условиях изгиба. Долговременное взаимодействие трещин и плоскостей ослабления по слоям, обуславливает возникновение комбинаций литомеханических структур с существенно различными свойствами. Это явление усиливается в условиях, когда защитные пачки над камерами состоят из нескольких разнопрочных слоев. Здесь механизм потери устойчивости породного массива идет по смешанному типу. Расслоение и последующее отслоение пород в потолочине, вызванное генетической природой строения гипсовых пластов и разгрузкой массива, обусловленной проведением камер, является причиной потери приконтурной и развитием глубинной неустойчивости породного массива. Проявляется это в двух аспектах. С геомеханической точки зрения причиной этих явлений считают геометрическую жесткость потолочин камер, которая определяется отношением её мощности (толщины) к полупролету выработки. Поэтому полагают, что при отношении указанных параметров менее или равным единице потолочина работает как плита, а в плоской системе её работа аналогична работе балки. При величине указанного отношения больше единицы потолочина работает в условиях сводообразования. Как видим, эта предпосылка не опирается на деформационную жесткость, выражающуюся отношением нагрузки и вызывающую в потолочине деформацию. Что, на наш взгляд, является не совсем корректным.

Принимая даже такую схему протекания деформационных процессов в потолочине камер гипсовых шахт можно оценить физическую природу геомеханических явлений.

Вначале о приконтурной (поверхностной) неустойчивости потолочины камер. На базе анализа аналитических и экспериментальных исследований

приходим к выводу, что такая неустойчивость вблизи геометрического центра потолочины и вблизи целиков происходит в первом случае за счет растягивающих, а во втором – за счет сдвигающих напряжений. Они вызывают формирование очаговых зон изменения свойств гипса, что приводит к образованию пластических шарниров, которые, по существу, являются «зародышами» эпицентральных зон разрушения пород потолочины. Таким образом, воздействие растягивающих и сжимающих напряжений, а в ряде случаев сдвигающих, ведет к развитию трещинообразования, отрывных явлений, что завершается вывалом гипсового массива. Такова геомеханика поверхностной неустойчивости потолочин камер. Вывалы в таких условиях небольшой высоты, они нарушают несущие слои потолочины.

В условиях сложного строения защитной пачки потолочины камер, особенно когда несущий слой небольшой прочности, он испытывает пригрузку от вышележащих слоев породного массива. Здесь весьма важным становится коэффициент запаса прочности потолочины, а не её геометрическая жесткость. Особенность работы потолочины сложного строения проявляется в том, что расслоение по её мощности имеет не только внутрислоевое, но и междуслоевое. Если придерживаться предпосылок [1], то можно утверждать, что в этих условиях имеет место развитие грависинергетических эффектов. Опасность проявления их связана с возможностью образования вывалов большой высоты. Это качественная картина геомеханических процессов, которую необходимо оценить количественно. Для гипсовых шахт это крайне важно по факторам безопасности и экономичности ведения горных работ. При высоте незакрепленных камер 10-20 м и пролетах - 7-15 м, устойчивость которых обеспечивается выбором рациональных параметров, поэтому вывалообразование представляет собой опасную форму проявления горного давления. С другой стороны, предотвращение вывалов, требует принятия практических мер, которые могут быть связаны с уменьшением ширины камер, выбором последовательности её отработки или использованием более длинных или с высокой несущей способностью анкеров. Крайне редко на гипсовых шахтах применяются подпорные охранные конструкции, в камерах.

Таким образом, вывалообразование на гипсовых шахтах характеризуется стадийностью: 1-я фаза – обрушение несущего слоя, 2-я фаза – обрушение защитной пачки гипса над камерой. И возможна 3-я фаза, при которой вывал вовлекает породы налегающей толщи. Важно то, что проявление второй и третьей фаз может привести к риску возникновения механической неустойчивости на больших участках панелей, а в худшем случае – к провальным обрушениям гипсовой толщи до земной поверхности [2].

С целью определения количественных показателей вывалообразования в гипсовых шахтах, необходимых для обоснования решений по повышению устойчивости камер, были проведены метрические измерения вывалов в камерах. Методические аспекты состояли в следующем. Измерялись фактические размеры камер и целиков, фиксировалось время существования и отработки камер, литологические структуры, слоистость, трещиноватость, геологические нарушения, геомеханические (прочностные и механические) показатели, горно-

технологические характеристики и гидрологические условия. Определялись параметры вывалов-обрушений: длина, ширина и высота, по которым вычислялись площадь и объем вывалов. Охарактеризуем условия и результаты оценки обрушений потолочины (кровли) выработок на Пешеланской шахте, которой разрабатывается Бебьевское месторождение.

Обобщенные данные метрических обрушений и вывалов приведены в табл.1.

Продуктивная толща месторождения разделена на 10 пластов. В пределах полезной толщи месторождения выделяется 5 пластов гипса (I, III, V - VI, VIII и X), разделенных пластами ангидрита и доломита (II, IV, VII и IX). Основными промышленными пластами гипса считаются пласты III и V – VI. Суммарная мощность этих пластов колеблется от 19,4 м до 2,7 м. Средняя мощность равна 11,0 м. V – VI пласты представлены гипсами белыми, серыми, участками розоватыми, мелко-средне-крупнокристаллическими. Участками гипс аморфный, прозрачный, местами чистый иногда с карстовыми трещинами, заполненными глиной с прожилками и гнездами доломита, с небольшими прослойками ангидрита.

VII пласт представлен доломитами, серыми, светло-серыми, белыми, реже темно-серыми, плотными крепкими на отдельных участках – огипсованными, окремненными, местами переходящими в мергель и известняк.

Контакты с перекрывающими и подстилающими гипсами характеризуются резкими переходами, иногда в контактах наблюдается наличие глинистого материала. Мощность доломитов VII пласта изменяется от 0,3 м до 4,2 м, средняя мощность составляет 1,8 м.

VIII пласт состоит из гипса белого, участками серого мелкокристаллического реже средне- и крупнокристаллического, плотного участками трещиноватого, с прожилками и гнездами доломита, с прослойками ангидрита. Средняя мощность пласта равна 12,0 м. Запасы VIII пласта включены в балансовые, но из-за наличия напорных вод в VIII доломитовом пласте и в подстилающем IX пласте (величина напора в среднем составляет 23 м), разработка его не осуществляется.

Доломиты IX пласта аналогичны доломитам VII пласта – мощность его колеблется от 1,1 м до 7,4 м.

Пласт X сложен гипсом белым, кристаллическим с включениями доломита в виде гнезд и прожилок. Мощность пласта изучена лишь 14-ю скважинами и изменяется от 6,6 м до 12,3 м. В качестве продуктивной толщи месторождения X пласт может рассматриваться как перспективный.

Таким образом, общая вскрытая мощность сакмарских отложений изменяется от 4,3 до 42,8 м.

Над гипсо-ангидритовой толщей повсеместно расположены крепкие сильно трещиноватые, разрушенные, местами кавернозные, обрушившиеся в карстовые пустоты I-го гипсового пласта известняки. Средняя мощность известняков – 10,0 м. Налгающие породы, мощностью 40-70 м представлены глинисто-мергелистыми образованиями.

Таблица 1 – Характеристика обрушений кровли выработок на Пешеланской гипсовой шахте

Место обрушения	Параметры камеры, м		Параметры обрушения					Характер условий обрушения
	ширина	высота	линейные, м			прочие		
			ширина	длина	высота	площадь	объем, м ³	
Район старого наклонного ствола (зона Г)	8,0	4,5	7,5	8,0	8,0	60,0	160,0	В кровле выработок неустойчивые глинистые породы с включениями блоков неправильной формы гипса, известняка. Глубина залегания от 28,0 м до 40,0 м. Форма обрушения – сводчатая. Выработки пройдены более 60 лет. Отслоение продолжается и в настоящее время отдельными плито-блоками от 0,1 до 0,7 м. Особенность геологических нарушений заключается в том, что они представляют вымытые участки кровли водой на небольшой площади, но сравнительно большой высоты. Данная группа нарушений представляет обрушения над наклонным стволом с захватом смежных выработок (шириной до 15,0 м), но небольшой высоты. В большинстве случаев на рамную крепь наклонного ствола установлена костровая крепь, что позволило «подбутить» и остановить обрушение.
	6,2	4,2	6,5	6,8	10,0	44,2	145,9	
	6,1	3,8	7,8	7,5	4,5	58,5	87,7	
	7,6	4,2	12,0	8,1	5,7	97,2	184,7	
	6,8	4,1	7,0	7,6	4,7	53,2	83,2	
	6,3	3,8	0,8	1,2	3,5	0,96	1,1	
	6,0	4,0	0,4	0,8	4,2	0,32	0,5	
	5,9	3,2	15,8	6,8	2,5	107,4	268,6	
	6,2	3,6	13,0	5,6	1,8	72,8	131,0	
	5,8	4,0	12,8	4,2	3,0	53,8	161,3	
	5,3	3,8	5,1	5,0	3,2	25,5	43,4	
5,3	3,9	14,8	4,5	1,5	66,6	99,9		
Над новым наклонным стволом	4,0	4,0	3,8	6,1	26,0	23,2	602,7	Обрушение произошло после очередного взрыва и распространилось до поверхности. Обрушенная масса представлена перетертыми, промытыми кусками легко высыпаящихся пород. Имеет место глубинная неустойчивость пород под выработкой. Для предотвращения высыпания с поверхности было пробурено 4 скважины, по которым этот участок был затампонирован глинисто-цементным раствором под давлением 30 Мпа. В настоящее время под обрушением пройден новый наклонный ствол закрепленный железобетонной сегментной крепью.
НЕЛЬНИЙ штрек камеры 11, 12 13 14	8,0	3,8	1,5	4,2	10,0	6,3	21,0	Участок находится на границе шахтного поля. На поверхности система оврагов. Обрушения в кровле представлены разрушенными, сухими кусками гипса, доломита,
	8,0	3,7	2,7	4,6	8,0-10,0	12,4	41,0	
	8,0	3,8	1,6	3,8	8,0-10,0	6,1	20,0	

	8,0	3,8	2,5	2,6	до 10,0	6,5	21,4	известняка фракциями до 0,1-0,3 м. Масса очень сыпучая. Работы в камерах прекращены, целики неправильной формы. Наблюдалась двухстадийность обрушения: вначале тонкослоистые расслоения вызвали поверхностную (приконтурную) неустойчивость потолочины, а затем глубинную неустойчивость породной толщи.
	8,3	4,0	3,2	3,2	8,5	10,2	87,0	
	8,2	4,1	1,8	2,0	6,0	3,6	21,6	
	8,2	4,0	2,3	4,1	6,8	9,4	64,1	
	8,1	3,9	6,1	8,1	10,0	49,4	494,0	
	8,1	4,1	3,8	2,8	6,5	10,6	69,2	
9-й панельный штрек, все четные камеры (зона III)	8,0	4,2	4,1	0,4	2,6	1,6	4,3	Обрушения произошли в забоях камер после взрывов. Дополнительным разведочным бурением установлено наличие карстовой полости в потолочине камер жолобообразной формы и заполненной сухой и несколько обводненной глиной. Протяженность карста (вскрытого) до 140 м. Работы во всех камерах, вскры-вающих этот карст – оставлены, оставшиеся запасы списаны.
	8,0	4,2	3,0	0,8	2,8	2,4	6,7	
	8,1	4,0	3,5	1,0	2,6	3,5	9,1	
	8,0	4,2	3,6	0,9	3,5	3,2	11,3	
	7,9	4,1	4,8	0,6	3,2	2,9	9,2	
	7,6	3,8	7,0	1,1	3,8	7,7	29,3	
	8,0	4,2	7,8	1,2	2,8	9,4	26,2	
	7,8	4,0	6,8	1,1	3,0	7,5	22,4	
	8,1	3,9	6,5	7,3	1,9	47,4	90,1	Указанные обрушения произошли в зоне вышеуказанного карста, но в середине камер, через 2-3 месяца после их обнаружения. Поэтому по площади они значительно больше, чем призабойные. Обрушенная масса представлена в основном глиной.
	8,0	4,1	6,0	8,3	3,2	49,8	159,4	
	8,0	4,1	7,3	8,0	3,8	58,4	221,9	
8,0	3,9	5,8	6,0	3,6	34,8	125,3		
Сопряжение главного откаточного штрека и 13-го панельного штрека (зона IV)	9,0	3,8	6,8	12,0	1,1	81,6	89,8	Откаточным штреком в кровле вскрыт пласт тонкослоистого доломита, мощность прослоев от 0,02 до 0,08 м. Общая мощность пласта 0,8-1,2 м. Обрушение доломита происходит постоянно отдельными слоями площадью до 5,0-8,0 м ² . Для предотвращения обрушения установлена анкерная крепь.
Вентиляционная сбойка (зона V)	8,1	4,6	6,2	11,2	1,6	69,4	111,0	Ситуация аналогична предыдущей. Постоянно имело место отслоение доломитовых прослоек. Установлена анкерная крепь с металлической сеткой.

Главный откаточный штрек на новом шахтном поле (зона VI)	7,5	4,4	7,1	16,7	0,8-1,2	118,6	118,6	Структура породного массива в кровле главного откаточного штрека следующая: 0,2-0,5 м гипса, над ним 0,8-1,0 тонкослоистого доломита и выше мощная пачка гипса. В районе 5-й панели произошло обрушение гипса и части доломита. Обрушение продолжается и в настоящее время. Для предотвращения обрушения принято решение установить 5-6 рядов анкерной стяжной крепи.
Новое шахтное поле: камеры 4-й панели. Панельный вентиляционный штрек (зона VI)	8,1	3,8	8,1	0,9	2,5	7,3	18,2	В кровле панельного вентиляционного штрека вскрыт карст на всю ширину штрека, заполненный крупными кусками (1,5 м) гипса и известняка. Установлена рамная деревянная крепь.
мер а 4-2-	10,0	8,2	1,5	1,6	2,0	2,4	4,8	При переходе на обработку высокими камерами почти во всех камерах наблюдаются в пото-лощинах карстовые полости, т.к. отметки потолочин приходятся на контакт гипс-известняк. Карстовые полости представлены крупными сухими кусками гипса и известняка. Многие карстовые полости не заполнены совсем. В отдельных местах наблюдается интенсивное движение воздуха и в зависимости от сезона направление воздуха изменяется. При встрече таких обрушений работы или прекращаются или оставляются целики неправильной формы для их обхода, чем увеличиваются потери полезного ископаемого.
Камера 4-2-4	10,0	8,0	1,3	1,7	2,5	2,2	5,5	
Камера 4-4-4	10,1	7,9	1,4	1,4	2,9	2,0	5,8	
Камера 4-4-3	10,0	8,0	4,0	4,0	1,6	16,0	25,6	
Камера 4-4-4	10,0	7,8	0,4	1,8	2,5	0,7	1,8	
1-я сбойка камер 4-4-4 и 4-1-5	10,0	7,8	0,8	2,0	3,0-4,0	1,6	6,3	

Камера 4-6-1	8,0	3,8	2,5	2,5	3,0	6,2	18,7	
Камера 4-6-6	9,0	4,0	1,2	1,5	2,0	1,8	3,6	
Сбойка камер 4-6-5 и 4-6-6	9,0	4,1	1,8	1,8	2,6	3,2	15,2	
Камера 4-6-5	10,0	4,1	8,0	0,7	2,5	5,6	14,0	
Вент. штрек и камеры 4-6-7 и 4-6-8	8,0	3,9	1,5	0,9	1,8	1,9	2,4	

Система разработки – камерно-столбовая при панельной подготовке шахтного поля.

Параметры системы:

ширина камер – 8 м, высота камер до 4,0 м, ширина сбоек – 4 м, ширина штреков – 6 м, размер целиков (столбов) 4 х 10 м.

С целью предотвращения прорыва подземных вод в кровле и подошве полезной толщи оставляются предохранительные защитные пачки гипса соответственно мощностью 1,6 и 1,5 м. Отбойка гипса производится буровзрывным способом.

В последние годы Институтом геотехнической механики НАН Украины разработаны и предложены рекомендации и исходные данные, а институтом «Южгипростром» разработан проект отработки гипса на Бебьевском месторождении, позволяющий увеличить коэффициент извлечения, применить высокопроизводительное буровое и погрузочно-транспортное оборудование. При этом параметры системы разработки приняты следующие: ширина камер и сбоек – 10,0 м, высота камер – 8,0-10,0 м, размер целиков в плане – 19,0 х 30,0 м. При такой высоте камер их кровля приходится на контакт гипс-известняк, где особенно развито карстопроявление в виде пустот, иногда заполненных глиной, разрушенным материалом и водой.

Определяющими параметрами, обуславливающими состояние горных выработок являются физико-механические свойства и структурные особенности

горных пород. По этим признакам на Пешеланской шахте можно выделить три группы пород, слагающих потолочину выработок:

1) устойчивые ненарушенные и необводненные гипсы и ангидриты.

2) неустойчивые крепкие, трещиноватые, разрушенные, местами кавернозные известняки, а также карстовые полости, заполненные глинами, брекчиями и другими разрушенными материалами.

3) крайне неустойчивые сильно нарушенные, представляющие конгломерат, состоящий из отдельных кусков гипса, ангидрита известняка и глинисто-мергелистых пород, а также вскрытые в процессе добычных работ пласты тонкослоистых доломитов.

Особенностью Бебьевского месторождения гипса являются большие одопритоки (10–12 тыс. м³/сут.) в отработанное подземное пространство. Водосодержащими породами являются известняки в различной степени доломитизированные, местами окремненные. Характерной особенностью водосодержащих пород является их закарстованность и трещиноватость. Участками известняки разрушены до щебня и муки. Подземные карстопроявления, фиксируемые при бурении скважин, представлены заполненными водой полостями и зонами разрушенных пород как в карбонатных породах казанского яруса, так и в гипсоангидритовой толще. Развитие карстовых процессов можно представить следующим образом. Первоначально выщелачивание происходило по трещинам, в карбонатных породах, на контакте их с гипсоангидритовой толщей. Постепенно процессы растворения развивались в верхней части гипсоангидритовой толщи. В образовавшиеся пустоты происходило обрушение выщелоченных карбонатных пород, а затем и вышележащих глин татарского яруса. Поэтому с переходом на разработку пласта высокими камерами (до 8,0–10,0 м) резко участились вскрываемые карстовые полости, что снижает темпы отработки месторождения, влияет на её эффективность и безопасность.

Для оценки устойчивости горных пород важно учесть характер обрушения: происходит ли оно на всей площади обнажения или постепенно на небольших участках в виде вывалов отдельных глыб или плит.

Для изучения состояния камер и характера обрушений пород потолочин нами совместно с работниками шахты было обследовано состояние действующих и отработанных камер более 50 лет.

При обследовании измерялись фактические размеры камер и целиков, фиксировалось время существования и отработки камер, слоистость, трещиноватость, нарушения, обводненность, глубина разработки, площадь и объем обрушений.

Установлено, что массовое обрушение имело место в породах 3 группы. Причем в одном случае обрушение произошло до поверхности. Всего отмечено более 60 обрушений и вывалов, в некоторых случаях в камерах были остановлены добычные работы.

Наиболее устойчивыми являются ненарушенные гипсы и ангидриты при наличии в кровле защитной пачки.

Обрушение пород, потолочин камер 3 группы пород происходило в виде постепенных отслоений и мелкими вывалами отдельных кусков до образования

устойчивого свода естественного равновесия. Затем обрушение затухает и до поверхности не доходит. Высота зависит от устойчивости и крепости обрушающихся пород, а также от ширины камеры.

Например, обрушения в районе старого наклонного ствола, пройденного более 60 лет, достигают высоты 8-10 м. Там, где обрушения не более 3-4 м потолочину камер от дальнейших осыпаний вынуждены поддерживать деревянной костровой крепью. В этом случае обрушение было остановлено подпором отслоившейся породы.

Форма обрушений самая разнообразная, но чаще всего сводчатая, а при проведении нового наклонного ствола произошло обрушение после взрыва до самой поверхности, причем обрушение по форме близкое к цилиндрической с диаметром на поверхности 4 м.

Обычно обрушенные породы заполняют только часть объема камеры. Иногда обрушенные породы, заполняя камеру, как бы подбучивают кровлю, препятствуя дальнейшему распространению обрушения и расширению свода (11 и 12 камеры по 4-ому панельному штреку).

В эксплуатационном плане геологические нарушения по сложности разработки можно разделить на следующие группы:

1-я группа – легкопроходимые нарушения, не представляющие опасности при ведении горных работ, не оказывающие существенного влияния на технологию, цикличность выполнения технологических операций, не требующих выполнения дополнительных мероприятий по их преодолению и затрат на эти работы.

2-я группа сложности – труднопроходимые горными работами геологические нарушения, связанные с кратковременной остановкой работ, выполнением операций по креплению выработок, на преодоление которых требуются дополнительные материальные и технические ресурсы.

3-я группа сложности – непреодолимые нарушения оставленные в целиках неправильной формы, представляющие опасность при ведении горных работ.

К нарушениям 1-й группы сложности относятся нарушения встреченные в камерах 4-й панели на новом участке шахтного поля. Эти нарушения характеризуются подсечкой камерами по потолочине карстовых полостей размерами от 0,2-0,4 м и 2,0-2,5 м, заполненных крупными кусками известняка и гипсоангидрита. Таких нарушений в одной панели более 23 и после отработки камерных запасов вход в них пересыпается отбитой массой, ограничивая вход людей.

К нарушениям 2-й группы относятся вскрытые тонкослоистые доломитовые легкообрушающиеся пласты. В этих случаях необходимо выполнить дополнительные мероприятия, чтобы остановить процесс обрушения. На сопряжении главного откаточного и 13 панельного штреков вскрыт доломитовый карст шириной 6,8 м, длиной 12,0 м и высотой 4,2-4,8 м. Установкой анкерной стяжной крепи процесс обрушения предотвращен. В аналогичных условиях на главном откаточном штреке (новое шахтное поле) решено установить 5-6 комплектов анкерной стяжной крепи.

Нарушения 3-й группы характерны для камер 9 панельного штрека, где из-за вывалов глины из вскрытых карстов работы полностью остановлены, а запасы списаны.

Резюмируя изложенное можно заключить:

1) литолого-механическая структура гипсового массива, оставленного в качестве потолочины камер имеет важное значение не только для расчета пролетов камер, но и прогнозирования зон и размеров вывалообразования;

2) для выявления опасности возможных вывалов из потолочин камер необходимо учитывать: структуру защитной пачки и несущего слоя; мощность, прочность и чередование слоев пород; первоначальные тектонические нарушения; наличие трещин в породном массиве; поведение пород потолочины после её ослабления камерой; гидрогеологические и технологические факторы;

3) первоначально защитные пачки гипсовых пород над камерами можно рассматривать как естественные балки, находящиеся в определенной связи между собою и с массивом пород, которые при проведении выработок изменяют свое напряженное состояние, равновесие которого сопровождается формированием свода естественного равновесия;

4) поведение пород потолочины, приводящее к вывалам имеет стадии: прогиб несущего слоя, расслоение, образование вертикальных трещин, прогрессирующее разрушение и внезапный вывал;

5) с геомеханической точки зрения процесс вывалообразования связан с потерей поверхностной (приконтурной) и глубинной неустойчивостью гипсовых пород над камерами;

б) управление горным давлением в камерах гипсовых шахт должно включать: а) выбор ориентации камер относительно главных плоскостей ослабления в гипсовой шахте и выбор места заложения отметки камеры в разрезе продуктивного пласта; б) рациональный пролетов камер, при которых исключалось бы вывалообразование; в) применение анкерных и анкерных стяжных крепей [3], обеспечивающих предотвращение обрушений потолочины камер за счет формирования самонапрягающейся литолого-механической системы, в которой энергетическим фактором является опускание массива потолочины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириченко В.Я., Халимендик Ю.М., Лишин В.П. и др. Явление образования перемещающихся нарушенных зон впереди лавы // Науковий вісник НГУ України, Дніпропетровськ, 2001. - №1. - С. 27- 28.
2. Амелин В.А. Технологические решения по предотвращению поступления в подземные выработки Артемовской гипсовой шахты обрушающейся геомассы из провальных воронок на поверхности горного отвода // Геотехническая механика. 2000. - №23. – С.184 - 189.
3. Булат А.Ф., Усаченко В.Б., Левит В.В. Перспективные направления создания охранных конструкций горных выработок с использованием анкерных натяжных систем // Геотехническая механика. 1997. - №3. – С. 3-10.