

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ АНТРАЦИТОВЫХ ШАХТ НА УЧАСТКАХ С ИНТЕНСИВНЫМИ ВОДОПРИТОКАМИ**

К одной из распространенных форм проявлений горного давления в подземных выработках относится вывалообразование. Это явление, происходящее как в проводимых, так и поддерживаемых горных выработках, становится причиной технологических простоев, нарушения нормального функционирования шахтной вентиляционной сети, дополнительных трудовых и материально-технических затрат, связанных с устранением его последствий, несчастных случаев и производственного травматизма.

Наиболее интенсивно вывалообразование проявляется на глубинах свыше 600 м, в обводненных породах, на участках повышенной трещиноватости, в зонах влияния очистных или буровзрывных работ. Согласно [1] протяженность выработок, находящихся в аварийном состоянии из-за вывалообразований, ежегодно увеличивается на 1,6–1,9 %. В 15–20 % поддерживаемых выработок деформация крепи связана с нагрузкой от веса пород вывала [2]. При проведении выработок вывалообразование является причиной снижения скорости подвигания забоев на 38–40 % [3].

Таким образом, перечисленные выше проблемы свидетельствуют о практической важности и актуальности исследований в области прогнозирования возможности и последствий вывалообразований в подземных горных выработках.

Как явление, вывалообразование носит случайный характер. Ввиду большой совокупности причин и условий его возникновения, а также количественных характеристик, изменяющихся в широких пределах, попытки многих исследователей объяснить его механизм сводятся к выдвиганию ряда гипотез, анализ которых позволяет разделить их на несколько обобщенных групп [4]:

- гипотезы, объясняющие вывалообразование, как результат действия сил тяжести пород в объеме свода обрушения (В. Риттер, Ф. Энгессер, М. Протождяконов и др.);
- гипотезы, в которых вывалообразование определяется наличием в породах растягивающих напряжений (А. Динник, Ж. Ержанов и др.);
- гипотезы, в которых появление свода обрушения происходит в условиях упругосжатого контура (Ф. Мор, К. Ирвинг, Э. Айзаксон и др.);
- гипотезы, в основе которых лежит предположение, что свод обрушения является результатом образования вокруг выработки зоны неупругих деформаций (А. Лабасс, К. Руппенейт, Ю. Либерман и др.);
- гипотезы, в которых качественная и количественная оценка процесса вывалообразования основывается на данных практических наблюдений (К. Терцаги, В. Слесарев, Н. Покровский и др.).

Также весомый вклад в области анализа, прогноза и предупреждений вывалообразований внесли Булычев Н. С., Кошелев К. В., Томасов А. Г. и другие ученые [1, 2, 5].

Ввиду сложности механизма образования и развития свода обрушения, каждая из выдвигаемых гипотез состоятельна лишь при определенном комплексе условий, следовательно, и соответствующие им геомеханические модели не могут претендовать на универсальность, поэтому в основе многих существующих методик прогнозирования возможности и последствий вывалообразований в подземных горных выработках лежат эмпирические показатели и зависимости.

Цель работы — установление эмпирических зависимостей, позволяющих спрогнозировать объемы вывалообразований на современных глубинах разработки в горизонтальных выработках антрацитовых шахт на участках с интенсивными водопритоками.

На процесс вывалообразования и его геометрические характеристики (форму, высоту и ширину свода, длину участка вывалообразования, объем обрушенных пород) влияет большое количество горно-геологических, горнотехнических и технологических факторов [4, 5]: состав пород и их структурно-текстурные особенности, физико-механические свойства пород, трещиноватость и характер блочности, слоистость, элементы залегания пород, обводненность, наличие зон геологических нарушений, глубина работ, форма и размеры выработки, расположение выработки относительно элементов залегания пород и основной системы трещин, способ проведения выработки (комбайновый, буровзрывной), вид крепи, скорость и технология крепления, срок службы выработки, влияние очистных работ и прочих, полный учет которых в исследованиях попросту невозможен. В связи с этим, для решения конкретных практических задач целесообразно использование статистических методов исследований.

Исследование вывалообразований проводилось в условиях полей угольных шахт объединений «Антрацит» и «Ровенькиантрацит». Были проанализированы 36 случаев вывалообразований со стороны кровли в горизонтальных протяженных выработках, как в период их проведения, так и при их эксплуатации, на глубинах от 800 до 1100 м, на участках с интенсивными водопритоками. Следует отметить, что все участки выработок с обильным водопритоком были приурочены к дизъюнктивным нарушениям или зонам повышенной трещиноватости пород. По данным шахтной документации максимальные водопритоки составляли от 20 до 400 м<sup>3</sup>/ч, установившиеся — от 3 до 25 м<sup>3</sup>/ч. Ширина выработок в проходке изменялась от 4,1 до 5,3 м.

Предметом статистических исследований являлся объем обрушенных и разрыхленных пород вывалообразования в горных выработках. При этом, ввиду значительного варьирования длины участка вывалообразования (от 3 до 16 м), наиболее целесообразным стало использование не абсолютных, а удельных величин объема

$$V_{уд} = \frac{V_g}{l_g}, \text{ м}^3/\text{м}, \quad (1)$$

где  $V_g$  — абсолютный объем вывалообразования, м<sup>3</sup>;

$l_g$  — длина участка вывалообразования (вдоль продольной оси выработки), м.

Все случаи вывалов по виду пород кровли были разделены на две группы:

– первая группа — песчаники и песчаные сланцы;

– вторая группа — песчано-глинистые сланцы и глинистые сланцы.

Внутри первой группы вывалов было произведено разделение по прочности обводненных пород кровли на одноосное сжатие на три интервала: 50–70 МПа, 71–90 МПа и 91–110 МПа. По такому же принципу вторая группа вывалов была разделена на два интервала: 30–50 МПа и 51–70 МПа.

Корреляционно-регрессионный анализ статистических данных на ПЭВМ позволил установить зависимости изменения удельного объема вывалообразования от глубины заложения выработки для первой (рис. 1) и второй (рис. 2) групп вывалов. В соответствии со шкалой Чеддока, выявлена «высокая» теснота связи между исследуемыми параметрами (коэффициенты парной корреляции варьировались от 0,81 до 0,74). Анализ графиков позволяет сделать вывод о том, что с увеличением глубины заложения горизонтальной выработки, подверженной интенсивным водопритокам, удельный объем вывалообразования линейно увеличивается и зависит от вида и прочности обводненных пород кровли. При этом изменение глубины в диапазоне от 800 до 1100 м соответствует изменению удельного объема вывалообразования для кровли, представленной песчаниками и песчаными сланцами — от 4,4 до 37,1 м<sup>3</sup>/м, представленной песчано-глинистыми сланцами и глинистыми сланцами — от 19,9 до 43,8 м<sup>3</sup>/м.

Аналитический вид полученных зависимостей для кровли, представленной песчаником и песчаным сланцем представлен ниже:

– для прочности пород в диапазоне 50–70 МПа

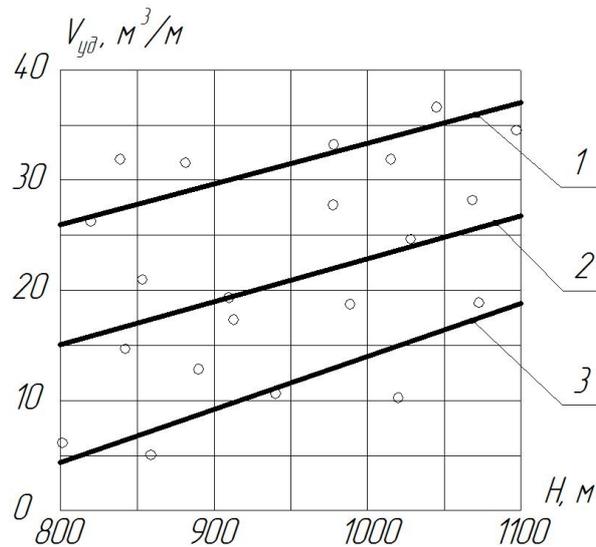
$$V_{y\partial} = 0.037 \cdot H - 3.6, \text{ м}^3/\text{м}, \quad (2)$$

где  $H$  — глубина заложения выработки, м;  
 – для прочности пород в диапазоне 71–90 МПа

$$V_{y\partial} = 0.039 \cdot H - 16.1, \text{ м}^3/\text{м}; \quad (3)$$

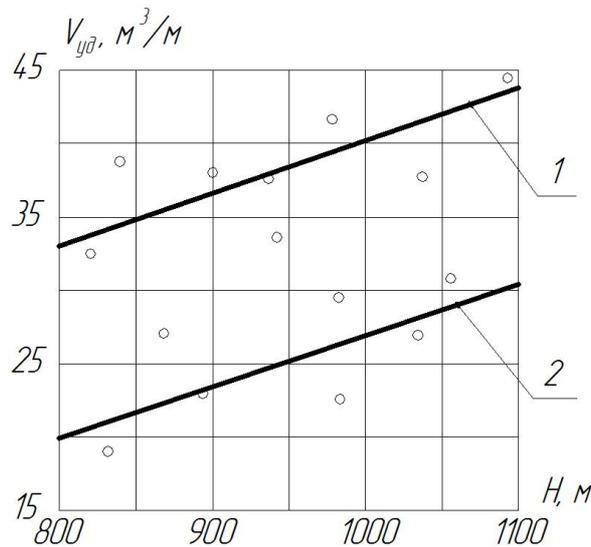
– для прочности пород в диапазоне 91–110 МПа

$$V_{y\partial} = 0.048 \cdot H - 34.0, \text{ м}^3/\text{м}. \quad (4)$$



1 —  $\sigma_{сж} = 50\text{--}70$  МПа; 2 —  $\sigma_{сж} = 71\text{--}90$  МПа; 3 —  $\sigma_{сж} = 91\text{--}110$  МПа

Рисунок 1 — Зависимости удельных объемов вывалообразований от глубины заложения выработки для обводненной кровли, представленной песчаником и песчаным сланцем



1 —  $\sigma_{сж} = 30\text{--}50$  МПа; 2 —  $\sigma_{сж} = 51\text{--}70$  МПа

Рисунок 2 — Зависимости удельных объемов вывалообразований от глубины заложения выработки для обводненной кровли, представленной песчано-глинистым сланцем и глинистым сланцем

Уравнения линий регрессии для кровли, представленной песчано-глинистым сланцем и глинистым сланцем имеют следующий вид:

– для прочности пород в диапазоне 30–50 МПа

$$V_{y\partial} = 0.036 \cdot H + 4.2, \text{ м}^3/\text{м}; \quad (5)$$

– для прочности пород в диапазоне 51–70 МПа

$$V_{y\partial} = 0.035 \cdot H - 8.1, \text{ м}^3/\text{м}. \quad (6)$$

Выводы. Для оговоренных в исследовании условий и диапазонов рассматриваемых параметров установлена линейная корреляционная взаимосвязь между удельным объемом вывалообразования и глубиной заложения выработки. Использование результатов исследований в практической деятельности позволит:

– еще до начала разбора вывалообразования, опираясь на фактическое значение его длины, дать оперативный прогноз об объеме обрушившихся пород;

– рассчитать время эксплуатационного простоя выработки, исходя из прогнозного объема обрушившихся пород и норм времени на механизированные и немеханизированные операции при ликвидации вывала;

– учесть при креплении выработки на участках с интенсивным поступлением воды возможную дополнительную нагрузку от веса пород вывала исходя из прогнозного значения его объема;

– реализовать научно-обоснованный учет дополнительных затрат, связанных с ликвидацией возможного вывалообразования при проектировании строительства или поддержания горных выработок;

– получить косвенное подтверждение о склонности рассматриваемого участка выработки к вывалообразованию, в случае совпадения рассмотренных в исследовании качественных и количественных условий фактическим условиям проведения или эксплуатации какой-либо выработки.

### Список литературы

1. Вывалообразования в горных выработках шахт Донбасса / К. В. Кошелев, И. И. Бурма, Д. А. Герасимчук, О. К. Кошелев. — К. : Техніка, 1994. — 135 с.
2. Кошелев, К. В. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок / К. В. Кошелев, А. Г. Томасов. — М. : Недра, 1985. — 215 с.
3. Лукьянов, В. Г. Исследование влияния геомеханических факторов и разработка способов повышения устойчивости породного обнажения в проводимых горизонтальных горных выработках / В. Г. Лукьянов, И. В. Третенков // Известия Томского политехнического университета. — 2007. — № 1. — С. 97–102.
4. Баклашов, И. В. Механика подземных сооружений и конструкций крепей / И. В. Баклашов, Б. А. Картозия. — М. : Студент, 2012. — 543 с.
5. Булычев, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. — М. : Недра, 1994. — 382 с.